
Эврика
Г. Береговой
КОСМОС —
ЗЕМЛЯНАМ

Г. Береговой

# КОСМОС — ЗЕМЛЯНАМ

МОСКВА
«МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ»
1983

39.6
Б48

Издание второе

Б $\frac{3607000000-179}{078(02)-83}$ Без объявл.

## ТАКАЯ У НАС РАБОТА

### (Вместо предисловия)

Земля Байконура... Это не пустыня в песчаных барханах, хотя еще и не степь. Лишь весной, считанные дни, зеленеет здесь трава.

Шоссе из города на стартовую площадку петляет между пологими холмами, то ныряет в низину, то поднимается на взгорок, с которого распахиваются перед глазами новые просторы. Время от времени издали выплывают неясные, похожие на вазочки для мороженого силуэты нацеленных в небо радиоантенн и тут же быстро исчезают за зыбкой гранью горизонта. Наконец бетонная лента дороги выпрямляется, устремляясь к показавшимся впереди белым строениям. Но я не смотрю туда, знаю: сейчас справа, из-за возвышенности, появится стоящая на старте космическая ракета. Вот она! Сколько лет прошло, а каждый раз с замиранием сердца встречаешься с ней...

Бывают моменты, когда то, что довелось испытать, с чем приходится сталкиваться сегодня, кажется мне невероятным. Я оказался в числе тех, кого принято называть пионерами нового дела. Ю. Гагарин, Г. Титов, П. Попович, А. Николаев, В. Терешкова, В. Быковский, В. Комаров, Б. Егоров, К. Феоктистов, П. Беляев, А. Леонов да еще около двух десятков американских астронавтов — вот и все, кто побывал в космосе до меня. Хорошо знаком я с теми, кто осуществил первые межпланетные полеты автоматических станций и их посадку на поверхность Венеры и Марса. Как космонавту и руководителю Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина мне, может быть, лучше, чем многим другим, видно, что все достигнутое людьми в штурме вселенной лишь пролог грядущих великих свершений.

Подумать только: если бы я родился на полвека раньше, то не смог бы заниматься ничем подобным. Ведь тогда все это если и приходило в голову, то лишь отдельным людям, обладавшим уж очень смелым воображением. Родись я на полвека позже, тоже не смог бы принять участие в таких, как нынешние, космических делах: через пятьдесят-то лет, наверное, земляне уже освоятся в солнечной системе, не говоря о том, что побывают на Марсе.

Четвертого октября 1957 года в небо взлетела руко-



творная советская «луна» — космический первенец землян. «Он был мал, этот самый первый искусственный спутник нашей старой планеты, — говорил академик С. Королев, — но его звонкие позывные разнеслись по всем материкам, среди всех народов как воплощение дерзновенной мечты человечества...»

Подавляющему большинству людей, и мне в том числе, изумленных и ошеломленных этим фантастическим достижением советской науки и техники, трудно было в ту пору осознать даже приблизительно, как скоро и к каким глубоким последствиям приведет этот невиданный бросок за пределы нашей планеты. Первый спутник, потом полет Лайки, старты к Луне и планетам, наконец, космический взлет Юрия Гагарина — все тогда захватывало дух, будоражило воображение, увлекало своей необычностью и загадочностью.

Правда, не раз, когда до кабины космического корабля мне было еще далеко, я задавался вопросом: что это такое — космос? Насущная ли это необходимость общества, или дорогостоящее его увлечение из разряда, как теперь принято говорить, хобби? Я не собирался ставить под сомнение цели и замыслы, выношенные лучшими умами человечества, — хотелось самостоятельно осмыслить одно из величайших свершений своего времени. Вполне естественное побуждение для человека, оказавшегося среди тех, кто был непосредственно к нему причастен.

Не помню уж, кто из мудрецов глубокой древности сказал однажды, что если бы на Земле было только одно место, откуда можно наблюдать звезды, к нему непрерывно со всех концов стекались бы люди. Люди не могут не смотреть на звезды — такова уж их природа. Почему я так говорю? Да потому, что просто не представляю себе человека, который хотя бы раз в жизни, подняв лицо к ночному небу, не разглядывал звезды, не задавал себе простые и вечные вопросы: «Что это такое? Где начало и где конец этой алмазной пыли? Что сам я для нее значу, какое место занимаю в этой черной бездне и есть ли ей дело до меня, до моих радостей и бед, до моей жизни?»

Человек поднялся в космос, увлекаемый страстью познания. И полет этот был подготовлен всей историей человечества, всеми предыдущими его успехами в освоении природы. Упрощая эту мысль, американский ученый Ван Аллен выразился так: «Искусственный спутник Зем-

ли представляет собой естественное продолжение ракет, которые представляли собой естественное продолжение самолетов и воздушных шаров, которые являются естественным продолжением стремления человека забираться на деревья и горные вершины, чтобы оказаться выше и таким образом больше видеть вокруг».

Больше видеть вокруг... Конечно, видеть отнюдь не из праздного любопытства. Но все же насколько своевременны те колоссальные затраты труда и материальных ресурсов, которых требует освоение космоса, когда на Земле так много нерешенных и крайне важных проблем? Не полезнее ли построить еще несколько домов, чем запускать очередной спутник? Разве отвоевать у пустынь новые территории, освоить малодоступные пока для человека места на нашей планете менее актуально, чем полеты на Луну, Марс или Венеру? Не разумнее ли сначала взять то, что находится рядом, лежит у нас под ногами? Ведь это богатства немалые. К тому же они необходимы уже сегодня, а, скажем, разработка ресурсов иных планет — дело далекого будущего.

Чем же руководствоваться, решая: своевременно или нет очередное грандиозное начинание? Ведь пока налицо лишь трата средств на космос, размышлял я тогда, а доходов что-то не видно. А тут еще нет-нет да и спросят тебя принародно, и не дети, а взрослые люди: «Дорогой товарищ космонавт Береговой, скажите прямо: выгоден ли каждый запуск в космос?»

Что ответить? Одиночный запуск, конечно, нет. Но сама космонавтика, если выражаться языком экономистов, вполне рентабельна. Правда, совсем не просто оценить вновь полученное знание. Стоимость дома определить легко и в рублях и в долларах. А сколько стоит мысль, техническая идея?

Первые плоды от проникновения людей за пределы Земли достались науке. Геологи теперь не ограничиваются исследованием лишь одной Земли, в их распоряжение поступают сведения о Луне, о Марсе, о Венере. Астрономы получили немыслимые ранее возможности изучать звезды, удаленные галактики, загадочные астрофизические явления в глубинах мироздания с помощью приборов, выведенных за пределы насыщенной помехами и порой непрозрачной атмосферы. Иными словами, космонавтика превратила солнечную систему в лабораторию современной науки. Теперь вселенная стала знакомой и ученым, и людям, далеким от науки.

И все же порой так и слышишь в беседах недосказанное вслух: зачем все это? Ведь, кроме пыли и дырок от метеоритов, на Луне ничего особенного не нашли. На Марсе задохнешься — мало кислорода. На Венере жарче, чем в печке. Про Сатурн или Юпитер и говорить не хочется — ни на том, ни на другом жить нельзя. Ну, поглядели, потешили любознательность. Может, и хватит? Давно уже все мы не верим в сверхъестественное, а верим в могущество человеческого разума, в прогресс науки. Но почему же, вознесясь на небывалую доселе высоту и добиваясь поистине фантастических свершений, эта самая наука отрывается порой от извечных земных забот и нужд человека?

Скептики, а их немало, считали полеты в космос этаким романтическим бегством от наших земных забот и не слишком разумной тратой ресурсов, которым можно было бы найти и более практичное применение. К счастью, всегда были и есть оптимисты. Не только среди романтиков, но и среди последовательных и строгих реалистов, каким был академик С. Королев — основоположник практической космонавтики. В ту пору, когда корабль «Восток» еще только готовился к старту, он уже разрабатывал новый корабль и в замыслах вынашивал идеи будущих «Союзов» и «Салютов». Под его руководством строились первые автоматические лунные, марсианские и венерианские станции. Если К. Циолковского называют пророком космонавтики, ее будущего, то С. Королев это будущее конструировал. Сегодня можно только поражаться прозорливости и дальновидности ученого, на много лет вперед определившего пути развития космонавтики, создавшего, по сути дела, советскую программу исследования космоса.

Десятилетие спустя после легендарного полета Юрия Гагарина наша страна запустила в космос первую в мире пилотируемую орбитальную научную станцию «Салют». Именно такие станции, оснащенные разнообразным научным оборудованием, дают возможность с наибольшей эффективностью извлекать из космоса все полезное. Вот почему созданию долговременных орбитальных научных лабораторий у нас всегда придавалось главное значение.

«Советская наука рассматривает создание орбитальных станций со сменяемыми экипажами как магистральный путь человека в космос», — говорил товарищ Л. И. Брежнев в связи с успешным завершением груп-

пового полета космических кораблей «Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8».

Полеты по программе «Союз» дают наглядное представление о той планомерности и последовательности, с которыми мы шли к поставленной цели. Известно, что сборку длительно действующих орбитальных станций выгоднее всего осуществлять прямо в космосе из стандартных блоков, запускаемых по отдельности с Земли. Корабли типа «Союз» наделялись всеми необходимыми для этого качествами: хорошей маневренностью, системами автоматической и ручной стыковки, вполне приличными условиями для работы и отдыха экипажей. Прообраз первой пилотируемой орбитальной станции был создан именно на этой основе посредством стыковки в космосе кораблей «Союз-4» и «Союз-5».

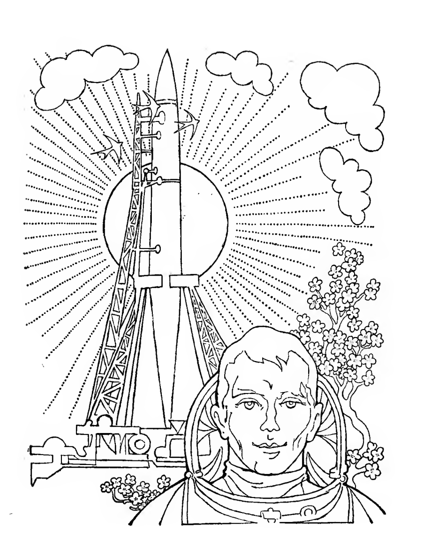
Дальнейшие полеты «Союзов» преследовали те же цели: сварка в космосе, отработка совместных маневров трех кораблей («Союз-6», «Союз-7» и «Союз-8»), проверка надежности техники и пределов длительности пребывания человека на орбите («Союз-9»). Все это, на мой взгляд, убедительно подчеркивает ту ответственность и дальновидность, с которой закладывались основы нашей космической программы.

С каждым шагом, приближавшим нас к рождению орбитальной станции, накапливался опыт, уточнялись направления поиска методов и средств практического использования результатов изучения космоса. Космонавты стали вплотную заниматься сугубо земными делами, конечно, с участием ученых и специалистов. Любой космический эксперимент невозможно отделить от теоретических разработок, он продолжает их. Однако частенько бывает и по-другому: космонавты с орбиты делились своими наблюдениями, впечатлениями, а потом выяснялось, что они тем самым нашли новые плодотворные направления научного поиска или подсказали пути решения важных народнохозяйственных задач.

...Сегодня снова улетают на орбиту космонавты. Уходит в звездный океан очередной экипаж — мои товарищи. Я знаю их много лет и, конечно, волнуюсь, как они. Правда, волнуемся мы по-разному — любой космонавт подтвердит, что провожать труднее, чем улетать самому. Старт сегодня — самое обычное для космонавтики дело, ничего исключительного в нем нет. Просто улетают люди работать в космос.

Такая у них работа.

# НЕБО XX ВЕКА



## ЭТО ЗАГАДОЧНОЕ СОЛНЦЕ

В этот день на борту орбитальной станции не была выполнена заранее намеченная программа экспериментов. Больше того, космонавты к ней даже не приступали. А причиной этого была телефонограмма из Крымской астрофизической обсерватории АН СССР, от ее директора академика А. Северного. Он обратился к руководству полета с просьбой срочно провести внеплановые исследования из космоса с помощью орбитального солнечного телескопа.

— Что произошло там у вас? — спросил я у появившегося вскоре в Центре управления полетом главного конструктора телескопа А. Брунса.

— Не у нас, а у Солнца, — рассмеялся он.

И рассказал о том, что накануне буквально на глазах у сотрудников обсерватории вблизи центра солнечного диска появились яркие пятна. Потом они обросли темными «усами» — от одного пятна к другому. Ученые поняли: возникла активная область. В период спокойного Солнца такое явление случается крайне редко. Все говорило о том, что должна возникнуть вспышка. Откладывать эксперимент с телескопом на орбите никак было нельзя. Активная область смещалась к западу и через день могла скрыться за солнечным горизонтом.

Приехал в Центр управления полетом и сам академик А. Северный. Он сообщил, что интересующее их пятно находится в районе девяти с половиной часов на «циферблате» солнечного диска, ближе к краю.

— Действительно, очень похоже, что сейчас здесь что-то произойдет, — услышали мы вскоре из космоса голос В. Севастьянова. — Помню, такая же была картина, когда мы проводили наблюдения из обсерватории. Вижу черную точку в середине флоккулы. Беру прямо на нее. Есть!

В этот момент из Крымской обсерватории поступило сообщение: «Зафиксирована вспышка на Солнце, срочно передайте экипажу». Но космонавтам говорить об этом уже не было нужды. Они упредили наземных наблюдателей.

— Какие молодцы! — улыбается академик.

— Продолжаю работать, но куда-то пропала черная точка. Только что была, и уже нет, — волнуется В. Севастьянов.

— Сейчас найдет, — спокойно уверяет всех А. Северный.

Проходит минута, другая...

— Есть, нашел! Вижу активную область. Какая красота!..

Потом космонавты нацелили телескоп на протуберанец, выросший над солнечным диском, и снова раз за разом включали спектрограф.

Академик А. Северный удовлетворенно говорил тогда: «Мне неизвестно, чтобы спектры протуберанцев в ультрафиолетовой области были получены когда-либо и кем-либо до сих пор. За время работы первой и второй экспедиций на «Салюте-4» в нашем распоряжении оказалось около двадцати таких спектров. Они позволили выявить очень интересные различия в излучениях активной и спокойной областей Солнца. Уверенная работа космонавтов с непростой астрофизической аппаратурой показала, что их подготовка в нашей обсерватории принесла свои плоды».

В Крымской астрофизической обсерватории я бывал не раз. Внешне она выглядит как марсианское поселение. Ухоженные ленточки дорожек по склонам холмов заканчиваются куполами из серебристого алюминия. Повсюду вместо привычных фонарей низенькие грибки, чтобы свет не мешал наблюдениям звездного неба. Вот и башенный солнечный телескоп, распахнувший на восток забрало своего купола. Подходишь к нему и думаешь: ну, чистый храм науки!

На вершине башни, конечно, не колокола, а зеркала с красивым названием — целостат. Зеркала эти ловят Солнце и с помощью моторов под чутким руководством фотоэлементов посылают его лучи строго вниз, на двадцатиметровую глубину, к другому зеркалу, фокусирующему изображение сияющего диска в не очень яркий полуметровый диск. Здесь Солнце совсем ручное, какое-то ненастоящее. Всего лишь круглое световое пятно, совсем неслепящий солнечный зайчик. Не верится, что на самом деле это раскаленный шар диаметром в полтора миллиона километров, шар, который светит и греет вот уже миллиарды лет с завидным постоянством.

Но здесь, в обсерватории, Солнце — объект исследования. И объект загадочный. Астрономы пристально вглядываются в наше светило многие столетия, однако оно не спешит расставаться со своими тайнами. Иногда Солнце сравнивают с кастрюлей, в которой что-то ва-

рится, но что именно, можно лишь догадываться по внешнему виду, да и то издали. А надо бы знать, ведь все у нас от Солнца. Не будь его, не было бы ни космонавтов, ни читателей — ничего бы не было.

Да и поведение нашего светила далеко не безразлично для нас в самом что ни на есть практическом смысле. Взять те же вспышки на Солнце. Когда они возникают, резко увеличиваются потоки ультрафиолетового и рентгеновского излучений, частиц разных энергий. Дойдя до Земли, они взаимодействуют с атмосферой планеты и вызывают множество геофизических явлений.

Одно из наиболее распространенных — ионосферные возмущения, которые оказывают заметное влияние на распространение радиоволн в диапазоне от нескольких килогерц до ста мегагерц. При этом нарушается радиосвязь, понижается радиолокационная «видимость».

Мощные солнечные вспышки и обусловленные ими магнитные бури, как стало ясно в последние годы, могут изменить и циркуляцию земной атмосферы, сказываться на живых организмах, непосредственно влиять на состояние людей. Статистика показывает, например, что в день появления сильной вспышки в полтора-два раза возрастает число обострений сердечно-сосудистых заболеваний.

Прежде такого рода явления казались загадочными, вызывали острые споры по поводу их реальности и возможных объяснений. Сейчас убедились, что здесь не обходится без влияния некоторых факторов внешней среды, которые резко изменяются в период развития вспышек на Солнце. Прежде всего это электромагнитное излучение Земли на крайне низких частотах — несколько герц и ниже. Подобный электромагнитный фон в приземном слое существует постоянно, но он значительно усиливается во время вспышек. И вот это низкочастотное поле способно оказать на живые организмы неблагоприятное воздействие. Вполне здоровые люди не ощущают обычно ничего неприятного — срабатывают компенсирующие физиологические реакции; а ослабленные болезнью, у которых нарушены приспособительные механизмы, могут испытывать серьезные последствия. Добавлю к этому: если земная магнитосфера и атмосфера надежно защищают людей от космических лучей, образующихся во время вспышек на Солнце, то для космонавтов, находящихся за пределами Земли, это может создавать сильную радиационную опасность.

Вот почему изучение солнечных вспышек, помимо теоретического, имеет большое практическое значение. Это обстоятельство привело к организации патрульной службы Солнца. Более сорока обсерваторий мира ежедневно и круглосуточно следят за поведением нашего строптивого светила. Ученые стремятся получить необходимые данные для уверенного прогноза солнечных вспышек и сопутствующих им геофизических эффектов. Как видите, в этой работе активно участвуют и космонавты.

Солнце — это энергия. Она настолько огромна, что невозможно охватить мысленно: каждый квадратный метр поверхности светила обладает мощностью примерно 100 тысяч киловатт. Целая электростанция на крошечном пятачке! Откуда же берется такая колоссальная энергия? В чем секрет ее неистощимости?

Ответа нет и по сей день. Какие только версии объяснений не перебрали ученые с той поры, как задались этим вопросом!

Вначале подумали, что Солнце и другие звезды просто горят, как дрова в печке. Быстро поняли — не может быть: слишком мал запас химической энергии, его не хватило бы и на миллион лет.

Потом обратились к обычным для механики способам восстановления энергии — таким, как разогрев за счет падения крупных метеоритов, астероидов или просто медленного сжатия небесных тел. Все равно концы с концами не сходились: в этих случаях Солнце не могло бы светить положенные миллиарды лет.

Наш атомный век выдвинул более правдоподобную версию: источник энергии нашего светила — термоядерные процессы. В недрах Солнца протекает реакция слияния двух ядер водорода в ядро гелия. При этом действительно выделяется огромная энергия. К тому же водорода на Солнце и звездах пока что предостаточно, его хватит очень надолго. В 30-х годах было подсчитано, что Солнце с неизменной интенсивностью может сиять по меньшей мере еще несколько миллиардов лет.

Давно уже осуществлены на земле взрывные термоядерные реакции. Ученые надеются, что в обозримом будущем удастся обуздать их и построить термоядерные электростанции. Между тем представление, что Солнце — это гигантский термоядерный «котел», по-прежнему остается всего-навсего гипотезой. Решающих доказательств, что это именно так, добыть не удалось. Боль-

ше того, и эта общепринятая, хотя и не доказанная, гипотеза пошатнулась с появлением новой «информации к размышлению». Что я имею в виду?

Во-первых, как известно, в ходе термоядерного синтеза обязаны возникать нейтрино — частицы, не обладающие ни зарядом, ни массой покоя. Однако эксперименты показали вполне определенно, что плотность потока солнечных нейтрино на самом деле много меньше, чем предсказывает теория.

Во-вторых, сейчас в космосе обнаружены объекты, излучающие столько энергии, что это не по силам и термоядерному синтезу. Таковы, например, невообразимо далекие от нас квазары.

И наконец, в-третьих. Если Солнце действительно питается «термоядом», оно должно быть неоднородным — состоять из плотного горячего ядра и сравнительно холодной рыхлой оболочки, которая, кстати, такой и предстает взору астрономов. Что же касается ядра, то недавно появились серьезные подозрения о существовании его у Солнца. И сомнения эти посеяли сотрудники академика А. Северного, которые в результате многолетних исследований пришли к заключению: Солнце сжимается и расширяется с периодом 160 минут и скоростью около двух метров в секунду, и поэтому у него скорее всего нет плотного ядра. Было обнаружено, что с такой же периодичностью меняется яркость нашего светила и напряженность его магнитного поля.

Как видите, вовсе не исключено, что в конце концов астрофизики с нынешней термоядерной моделью Солнца окажутся, так сказать, у разбитого корыта. И вновь перед ними встанет во весь рост извечная и главная загадка — откуда берется неисчерпаемая энергия излучения Солнца и других звезд? Пока наука взамен «термояда» ничего предложить не может. Вот почему ученые настойчиво ищут способ, как бы заглянуть в недра звезд.

Ближайшая к нам звезда — это Солнце. Но даже о нем ученые знают далеко не все. Вплоть до XIX века определенно известно было лишь одно: солнечные лучи несут тепло и свет, без которых на Земле жизнь невозможна. В прошлом веке обнаружили, что, кроме, так сказать, видимых световых лучей, Солнце испускает и невидимые — ультрафиолетовые. И уже в то время возникло «подозрение», что оно может излучать и более короткие, чем ультрафиолет, волны, которые просто

не удается «поймать» на Земле. А не удается по той причине, что они полностью поглощаются атмосферой.

Через столетие в этом убедились окончательно.

Изучая солнечную корону, ученые обнаружили в ее спектре линии, которые нельзя было объяснить присутствием ни одного из известных на Земле химических элементов. Назревала сенсация, ведь получалось, что на Солнце открыт новый элемент. Иные восторженные представители науки так и решили, даже название ему придумали — короний. Увы, надежды открыть новый элемент развеялись как дым. Было доказано, что необычные линии в солнечном спектре принадлежат атомам... железа. Правда, не совсем обычным атомам, а потерявшим большую часть своих электронов. Как оказались они в таком состоянии? Какая сила сумела так «раздеть» атомы?

Ответы на эти вопросы были получены гораздо позже. Но уже тогда ученым стало ясно: «раздетые» атомы обязаны давать рентгеновское излучение. Однако удостовериться в этом можно лишь одним способом: вынести приборы за пределы атмосферы. Никакие другие, самые совершенные средства наземной астрономии здесь не в состоянии помочь.

И вот 3 ноября 1957 года второй советский искусственный спутник Земли взял с собой на орбиту приборы, регистрирующие рентгеновское излучение. Кстати, лишь три года спустя начались подобные эксперименты в США. Приборы не замедлили подтвердить: да, от Солнца исходят рентгеновы лучи. И сразу же обнаружилась удивительная вещь: излучение не было постоянным — оно пульсировало. Относительно спокойные периоды сменялись бурными, когда поток лучей возрастал в десятки раз. Столь буйный характер рентгеновского излучения Солнца предвещал, что потребуются исследования долгие и кропотливые. Так и произошло. Целых двадцать лет понадобилось, чтобы постепенно, по черточке, по штриху нарисовать рентгеновский «портрет» нашего светила.

Прежде всего выяснили, где именно на Солнце рождается рентгеновское излучение. Приборы, раз за разом «ощупывая» светило, обнаружили, что источники излучения располагаются не на его поверхности, а над ней — в короне. И даже не во всей короне, а в отдельных ее небольших областях, которые называли конденсациями. Они-то и оказались тесно связанными с сол-


$\Delta S_{12} = g(x_1 x_2)\Delta x_1^2 +$
$2\, g_{12}(x_1 x_2)\Delta x_1 \Delta x_2 +$
$g_{22}(x_1 x_2)\Delta x_2^2$

нечными вспышками — одновременно с ними возникают и исчезают. Теперь осталось ответить на вопрос: почему рентгеновское излучение появляется именно в конденсациях?

Тщательное изучение многих сотен спектрограмм принесло разгадку. Дело в том, что для конденсаций характерна очень высокая температура. Если на поверхности Солнца «всего лишь» 6 тысяч градусов, в короне уже «пожарче» — до одного миллиона, то в конденсациях температура достигает 3—5 миллионов градусов. Вот почему атомы, словно не выдержав чудовищной жары, «раздеваются», теряя свои электроны. Так установили природу солнечного рентгена: его порождает местный разогрев отдельных участков короны.

Ну и какое нам, казалось бы, дело до этого? Рентгеновское излучение до земной поверхности все равно не доходит. Может ли оно существенно повлиять на свойства окружающего нас мира?

Оказывается, может, и самым непосредственным образом. Наряду с ультрафиолетом рентгеновское излучение обеспечивает нам дальнюю радиосвязь. Обрушиваясь на атмосферу, оно разбивает ее атомы, срывая с них электроны и превращая в ионы. Так образуется ионосфера — «зеркало», отражающее радиоволны наземных радиостанций. Но это еще не все.

Рентгеновские лучи пагубно действуют на покрытие космических аппаратов, и с этим приходится считаться конструкторам. Белая краска, например, с течением времени темнеет. А это может нарушить температурный режим внутри спутника. Поэтому сейчас все покрытия для космических аппаратов проходят обязательную проверку на рентгеноустойчивость.

Вот вам конкретная польза от исследований, которые еще далеко не закончены.

Давно было замечено, что вспышка на Солнце неизменно сопровождается нарушением радиосвязи на всей освещенной части планеты. Долгое время было непонятно, как работает механизм этого явления. Все встало на свои места, когда удалось установить, что в том месте, где происходит вспышка, резко, в тысячу раз, увеличивается рентгеновское излучение. Оно-то и вызывает ионосферные возмущения, из-за которых нарушается радиосвязь на Земле.

Однако связать рентгеновское излучение со вспыш-

ками — это полдела. Надо было определить, где и отчего возникают вспышки, как они протекают? Для этих исследований в Физическом институте АН СССР имени П. Н. Лебедева придумали и построили специальную аппаратуру. С ее помощью ученые выяснили, что солнечное вещество при вспышке нагревается до 30—50 миллионов градусов. Эта чудовищная температура порождает резкий всплеск мощного, или, как говорят специалисты, жесткого, рентгеновского излучения. Энергия такого своеобразного взрыва, происходящего в солнечной атмосфере, эквивалентна миллиарду водородных бомб! Откуда же она берется на Солнце?

И снова спутники и ракеты понесли в космос фотокамеры, спектрографы, поляриметры... В конце концов ученые убедились, что вспышка черпает энергию из магнитного поля Солнца. Когда оно перестраивается, то в плазме солнечной короны образуются мощные электрические токи, подобно тому как они возбуждаются в динамо-машине. Эти токи при определенных условиях нагревают солнечное вещество до немыслимо огромной температуры. Вот вам и вспышка. Иногда вспышку вызывает своего рода «разрыв» токовой цепи. Тогда в этом месте частицы плазмы разгоняются до колоссальных скоростей и вырываются в пространство. Между прочим, некоторые из них — протоны — могут быть опасными для космонавтов.

Исследования рентгеновского излучения позволили лучше понять природу вспышек на Солнце. И все же при этом завеса, скрывающая тайны нашего светила, лишь чуть-чуть приоткрылась. И надо планировать новые эксперименты, разрабатывать новые приборы, создавать новые теории.

Вот и получается, что свои самые смелые надежды на будущие фундаментальные открытия, на дальнейший прогресс астрономии и астрофизики ученые связывают с космонавтикой. Здесь уместно вспомнить одну истину: крупнейшие открытия в астрономии были сделаны не в результате поисков, предпринятых на основе предсказаний или догадок, а просто благодаря тому, что наблюдения стали вестись методами и средствами, резко отличавшимися от имевшихся до этого. Эта истина справедлива для всех этапов развития астрономии от телескопчика Галилея до советского шестиметрового телескопа-гиганта БТА и от него — до выхода в необъятные просторы космической дали.

## В ПОИСКАХ «ЧЕРНЫХ ДЫР»

Об этом узнали сравнительно недавно, каких-нибудь двадцать лет назад. Оказалось, что если бы наши глаза могли видеть только рентгеновское излучение, то звездное небо над нами выглядело бы совсем иначе. Правда, рентгеновские лучи, испускаемые Солнцем, удалось обнаружить еще до рождения космонавтики, но о других источниках в звездном небе и не подозревали. На них наткнулись случайно.

В 1962 году американцы, решив проверить, не исходит ли от поверхности Луны рентгеновское излучение, запустили ракету, снабженную специальной аппаратурой. Вот тогда-то, обрабатывая результаты наблюдений, радиоастроном Джиаккони убедился, что приборы отметили мощный источник рентгеновского излучения. Он располагался в созвездии Скорпион. Ему дали обозначение X-1 (икс-один). С помощью высотных ракет на карту звездного неба вскоре нанесли более 30 рентгеновских источников.

Несмотря на первые успехи, подобные наблюдения не устраивали ученых: слишком они были кратковременны — всего несколько минут. А ведь над планетой уже вовсю кружили спутники, способные выносить в космос рентгеновскую аппаратуру на месяцы и годы. Они-то и стали технической базой нового направления в изучении неба — рентгеновской астрономии. В начале 70-х годов на орбиту вышли первые два спутника, предназначенных для поиска исследований источников рентгеновских лучей во вселенной, — американский «Ухуру» и советский «Космос-428».

К тому времени кое-что уже начало проясняться. Объекты, испускающие рентгеновские лучи, сумели связать с еле видимыми звездами, обладающими необычными свойствами. Это были компактные сгустки плазмы ничтожных, конечно по космическим меркам, размеров и масс, раскаленные до нескольких десятков миллионов градусов. При весьма скромной наружности эти объекты обладали колоссальной мощностью рентгеновского излучения, в несколько тысяч раз превышающей полную светимость Солнца.

Сама плазма, даже нагретая до столь высоких температур, не может долго давать такое интенсивное излучение. Всей ее тепловой энергии хватило бы лишь на доли секунды. А наиболее известные рентгеновские

источнники наблюдаются уже по нескольку лет, и все это время работают не нссякая. Значнт, внутри плазменного сгустка есть еще что-то, какой-то невиднмый генератор, постоянно питающнй его своей энергией.

«На какой-то миг создалось впечатленне, что таинственные нейтронные звезды — гордость теоретнческой мысли XX века — наконец-то обнаружены. Увы, природа н на этот раз оказалась намного сложнее н богаче», — писал известный астрофнзик И. Шкловский.

Действительно, давно предсказанные нейтронные звезды нскалн уже не первый год. Этн крохотные, диаметром около десяти километров, останки полностью выгоревших звезд, сжавшиеся до чудовищной плотности, должны были хоть как-то заявить о себе. Этого с нетерпением ждали. Поэтому так охотно в рентгеновскнх источннках «узнавалн» нейтронные звезды. И ведь, казалось бы, все сходилось. Но расчеты опроверглн надежды: только что образовавшнеся нейтронные звезды должны былн бы сразу остыть н перестать излучать. А этн лучнлись рентгеном. Снова, подобно сказочной Сней птнце, нейтронные звезды, что называется, выскользнули из рук ученых. Рентгеновские источники попрежнему оставались вещью в себе. Острая нужда в новых фактах становилась все более очевидной. И ждали нх прежде всего из космоса.

Приборы «Ухуру» н «Космоса-428» работалн в разлнчных диапазонах длин волн. Амернканский аппарат предназначался для поисков «мягкого» рентгена, советскнй — «жесткого». Спутники неплохо дополняли друг друга. После полета «Ухуру» число нзвестных рентгеновских источников перевалнло за сотню. Но главное было не в этом. Исследователн обнаружнли строго периодические изменения потоков нзлучения некоторых из них. Был определен н пернод этих вариаций — обычно он не превышал нескольких суток.

Нечто подобное было знакомо астрономам. Так могли вестн себя лишь две вращающиеся вокруг общего центра звезды, из которых одна периодически затмевала другую. Во время заходов рентгеновский поток ослаблялся, а затем восстанавливался до прежнего уровня. Новые наблюдения подтвердилн гипотезу. Несколько нсточннков совпало с наблюдаемыми в телескопы двойными звездами. Теперь уже можно было не только уточнить нх массу и размеры, но н попробовать разобраться в их прнроде.

А с орбит приходили все более удивительные новости. Были обнаружены рентгеновские пульсары. К этому термину тогда еще не успели привыкнуть. Пульсарами назвали только что открытые удивительные источники радиоизлучения, регулярно испускающие очень короткие импульсы. Ко времени открытия их рентгеновских двойников уже было доказано, что именно радиопульсары — это и есть «живые» нейтронные звезды, предсказанные теоретически. Ясны были и причины особого характера их излучения: равномерно вращаясь с огромной скоростью, звезда при каждом обороте как бы «освещает» Землю своими радиолучами. И вот теперь — пульсары рентгеновские! К тому же оказалось, что и некоторые, так сказать, «настоящие» пульсары большую часть энергии излучают все же не в радио-, а именно в рентгеновском диапазоне. Просто раньше этого не замечали.

Откуда же черпают рентгеновские источники колоссальную энергию излучения? Основным условием превращения нормальной звезды в нейтронную считается полное затухание в ней ядерной реакции. Поэтому ядерная энергия исключается. Тогда, может быть, это кинетическая энергия быстро вращающегося массивного тела? Действительно, она у нейтронных звезд велика. Но и ее хватает лишь ненадолго.

Большинство нейтронных звезд существует не поодиночке, а в паре с огромной, различимой в телескоп звездой. В их взаимодействии, как полагают теоретики, и скрыт источник могучей силы космического рентгена. Звездный дуэт связан не только невидимыми узами. С поверхности оптической звезды к ее небольшой, но массивной и сверхплотной соседке, обладающей к тому же сильным магнитным полем, постоянно тянется струя газа. Она образует вокруг нейтронной звезды плоский газовый диск. У магнитных полюсов нейтронного шара вещество диска выпадает на его поверхность, а приобретенная при этом газом энергия превращается в рентгеновское излучение. Учитывая огромную силу притяжения нейтронной звезды, а следовательно, и скорость падающего на нее вещества, нетрудно представить, какая колоссальная энергия при этом выделяется. Предложенный механизм, называемый *аккрецией,* хорошо объяснил многие особенности рентгеновских источников.

Теория компактных рентгеновских источников в двойных системах получила экспериментальное подтвержде-

ние. С борта спутника «Коперник» удалось проследить за выходом рентгеновского пульсара в созвездии Геркулеса из полосы затемнения его оптической звездой. Все событие длилось несколько десятков секунд. Так быстро вынырнуть из тени мог только объект, размеры которого не превышают пять тысяч километров. Объем окружающего нейтронную звезду газового диска неплохо соответствует этой величине.

Свой сюрприз преподнес и «Космос-428». Его аппаратура не только обнаружила в небе новые источники невидимого глазом излучения, но и открыла совсем неизвестное ранее явление — рентгеновские вспышки. «Космос-428» засек их сразу же, в первый день работы на орбите. Всего за полдня он зарегистрировал около двадцати всплесков, каждый из которых длился не более секунды, а мощность излучения при этом возрастала в десятки раз. Так вслед за квазарами, пульсарами, космическими мазерами и прочими астрономическими новинками в небесных каталогах появились *барстеры* — источники рентгеновских вспышек.

Их тоже ученые связывают с двойными системами. На одной из двух звезд — оптической — время от времени могут происходить взрывы, аналогичные солнечным вспышкам и сопровождаемые выбросами больших масс вещества. При этом продукты взрыва падают на поверхность звезды-соседки и вызывают всплески рентгеновского излучения.

Правда, самые мощные вспышки трудно было объяснить таким образом. Слишком велика выстреливаемая из них энергия. Она лишь в несколько тысяч раз уступает полному излучению сотен миллиардов звезд, из которых состоит наша Галактика. Вот почему в местах возникновения таких вспышек принялись искать новые необычные объекты. Поиски эти вновь привели исследователей к нейтронным звездам. Однако нельзя было сбрасывать со счетов и других потенциальных кандидатов.

...В ясную ночь в созвездии Геркулеса можно увидеть в бинокль крохотное туманное пятнышко. Сильный телескоп совершенно меняет картину: это уже не одна мерцающая точка, а целое их скопление. Как будто вспыхнул фейерверк, рассыпался искрами и вдруг почему-то остановился, застыл и неподвижно повис в пространстве.

В этом необычном рое собраны сотни тысяч звезд,

нз которых мы вндим лишь самые яркие. Сгущаясь к цеитру шара, они сливаются воедино, испуская сплошное сиянне. Таких шаровых скоплений в галактике насчнтывается немногим более двухсот. Примерно столько же, сколько открыто и рентгеновских источников. Случайное ли совпадение? А не нз этих лн шаровых скоплений доносятся к иам отголоски рентгеновских бурь?

Чтобы ответить на этот вопрос, нужно было сравнивать местоположение звездиых «фейерверков» и источников вспышек. Определение небесиых координат замеченных со спутников объектов потребовало долгих и кропотливых расчетов. Но зато теперь тождество некоторых галактических рентгеновских источников с шаровыми звездными скоплениями не вызывает сомнений.

Интересно, что наиболее мощные вспышки наблюдаются именно в шаровых скоплениях. Колоссальные масштабы звездной активности уже никого не удивляют. И все же существует предел энергии, непрерывно излучая которую звезды еще остаются самими собой. Считалось, что за этой гранью звезду ждет гибель. Так вот, светимость рентгеновских вспышек в шаровых скоплениях в десятки, а иногда н в сотии раз превышает этот предел!

Излучаемая звездой энергия обычно тесно связана с ее массой. Генерировать рентгеновские всплески такой мощности, какие наблюдаются в скоплениях, могут только объекты огромной массы, в десятки и сотни раз превышающей солнечную. Как тут было ие вспомнить о «черных дырах»?

Теоретики подсказали: «черные дыры», входящие в состав двойных звездных систем, могут сигнализировать о себе рентгеновским излучением. И причина его возникновения должна быть та же — аккреция газа. Правда, механизм в этом случае иесколько другой. Оседающие в «дыру» внутренние части газового диска должны нагреться н потому стать источниками рентгена.

Рентгеновскую активность шаровых скоплений пытались объяснить наличием в них двойных систем с «обычными» нейтронными звездами, или «черными дырами». Однако слишком большая энергия возникающих там вспышек породила и другие гипотезы. Одну из них, весьма оригинальную, предложили американские астрофизики.

Переходом в нейтронную звезду заканчивают «жизнь» лишь те светила, масса которых не превышает

двух с половиной — трех солнечных. Более крупные звезды чаще всего постигает участь «черной дыры». По мнению авторов гипотезы, наиболее «густые» — центральные — части некоторых шаровых скоплений тоже могут превращаться в сверхтяжелые «черные дыры». Их масса уже в сотни, а то и в тысячу раз превышает солнечную. Естественно, для рождения гигантских вспышек в них должно падать немыслимо огромное количество газа. Ну и что же? Ведь все скопления буквально купаются в межзвездном газе! Конечно, это не то, что «густая» струя в двойной системе, но зато и запасы межзвездного газа практически неограниченны. В его аккреции на сверхмассивные «черные дыры» и видят многие ученые причину грандиозных всплесков.

Здесь уместно вспомнить о сделанном еще раньше, в 1972 году, предположении И. Шкловского о том, что «в процессе эволюции звезд выброшенный ими газ должен стекать в самые центральные области сфероидальных галактик». Этот процесс, по мнению ученого, и приводит в конечном итоге к образованию в таких галактиках сверхмассивных «черных дыр».

Проанализировав 80 известных шаровых скоплений, американские ученые выделили из них 11 наиболее подозрительных. Оказалось, что в некоторых из этих скоплений «Космос-428» действительно зарегистрировал мощные рентгеновские всплески. Похоже, что сверхмассивные «черные дыры» и вправду существуют не только на кончике пера теоретиков.

В великом множестве рассыпанных по небу звезд есть звезды рождающиеся и умирающие. Рентгеновская астрономия поведала нам о последнем, может быть, самом бурном, этапе их развития. Благодаря ей мы узнали о мощнейших космических взрывах, о газе с температурой в десятки и сотни миллионов градусов, о возможности совершенно необычного сверхплотного состояния вещества в «черных дырах».

Рентгеновская астрономия, рожденная космическим веком, переживает свое детство. Но именно в этой области приоткрываются тайны фундаментальных краеугольных истин мироздания. А это не только абстрактные понятия. Проникая в глубины вселенной, в мир далеких звезд, человек получает новые знания. И многие открытия нередко находят свое продолжение в лабораториях, становятся источником новых прикладных разработок.

## СЕКРЕТЫ СТРАННОЙ ЗВЕЗДЫ

Погожим декабрьским днем 1973 года с Байконура стартовал космический корабль «Союз-13». Даже внешне он заметно отличался от своих предшественников. На его орбитальном отсеке красовался настоящий астрономический купол. В нем размещалась обсерватория «Орион-2». Ради нее, собственно говоря, и отправился на орбиту «Союз-13». Точнее, ради того, чтобы получить ультрафиолетовые спектральные снимки слабых звезд с помощью широкопольного менискового телескопа с объективной призмой обсерватории «Орион-2». Так гласило сообщение ТАСС.

В результате восьмисуточного пребывания обсерватории за пределами Земли и успешной работы космонавтов П. Климука и В. Лебедева были получены спектрограммы многих тысяч звезд. Самые слабые из них достигали 13-й величины. Для сравнения можно сказать, что они слабее звезд ковша Большой Медведицы в 10 тысяч раз. Этот предел и сегодня, спустя восемь лет, остается непревзойденным. Не случайно НАСА в своем официальном докладе, опубликованном в 1977 году, расценила вывод на орбиту «Ориона-2» как «поворотный этап в советской космической астрономии».

Надо сказать, что сама обсерватория «Орион-2», как, впрочем, и ее предшественница «Орион», которая работала в космосе на борту орбитальной научной станции «Салют», была задумана и разработана в Гарнийской лаборатории космической астрономии АН Армянской ССР. Конструкция ее весьма интересна с инженерной точки зрения. Все оптические системы телескопа, включая зеркала, были выполнены из плавленого кварца. Диаметр входного отверстия составлял 240 миллиметров, фокусное расстояние — один метр, основной рабочий диапазон — 2000—3000 ангстрем (ангстрем — это одна десятимиллиардная доля метра).

Любопытно, что создатели «Ориона-2» не устояли перед искушением проделать эксперимент, убедительно продемонстрировавший тот выигрыш, который дает астрофизике вывод телескопа за пределы атмосферы. На Земле с помощью «Ориона-2» они зафиксировали спектр хорошо им известной звезды. А позднее, уже в полете, космонавты по их просьбе сфотографировали спектр другой, но сходной по блеску звезды. Стоило положить оба снимка рядом, как отпадали всякие со-

мнения даже у людей, далеких от астрономии. «Земной» спектр резко обрывается на длине волны ультрафиолетового излучения 3200 ангстрем, тогда как «космический» простирается вплоть до 2000 ангстрем. Как говорится, куда уж нагляднее.

Обильный урожай, снятый космонавтами со звездной нивы лишь в одном полете, привел в восторг астрофизиков Гарнийской лаборатории. Они довольно быстро разобрались в этом богатстве наблюдений и представили миру первые результаты работы астрономов с «Союзом-13». Даже простое перечисление наиболее существенных открытий, которые удалось при этом сделать, заняло бы не одну страницу. Ограничусь несколькими примерами.

С помощью «Ориона-2» были открыты мощные хромосферы у считающихся холодными звезд. Хромосфера — слой горячего газа, окутывающий звезду. До того знали только об одной хромосфере, той, что у Солнца. Обнаружили новые горячие звезды очень низкой светимости и совершенно непонятной природы. Впервые получили ультрафиолетовую спектрограмму планетарной туманности. Это гигантских размеров газовое образование с очень горячей звездой в центре. И хотя в руках астрофизиков оказалась всего-навсего одна спектрограмма, она позволила выявить три новых для планетарных туманностей элемента — магний, алюминий и титан. Скажете, не так уж и много? Не торопитесь с выводами. За предшествовавшие пятьдесят лет изучения планетарных туманностей обнаружено было всего шестнадцать элементов, а за последнюю четверть века — ни одного.

Примеры такого рода можно продолжать и дальше. Но, думаю, дело не в этом. Главное в том, что «Орион-2» не только и не столько решил какие-то астрофизические проблемы, сколько поставил новые. Порой это бывает похоже на увлекательный детектив. Судите сами.

Уже во время первых просмотров спектральных снимков «Ориона-2», доставленных с орбиты, внимание астрономов привлекла одна сравнительно слабая звезда, не отмеченная ни в одном из каталогов. Решили ее условно обозначить № 1. Располагается она недалеко от Капеллы. Коротковолновая граница спектра незнакомки упиралась в отметку около 2500 ангстрем. Значит, температура ее излучения высока. Проверили, дей-

ствительно, оказалось не менее 20 тысяч градусов. А если учесть влияние межзвездного поглощения, то и того больше — свыше 50 тысяч градусов. Но тогда, по заключению астрономов, выходило, что она в 100 раз слабее обычной звезды той же температуры.

«Долго мы сидели над этой записью — мой учитель, вдохновитель и убежденный поборник всех наших начинаний в области внеатмосферной астрономии академик В. Амбарцумян и я, — рассказывал доктор физико-математических наук Г. Гурзадян, директор Гарнийской лаборатории. — Но расшифровать ее, разгадать природу этой звезды так и не смогли. Остановились лишь на предположении, что она, возможно, белый карлик. Но чтобы убедиться в этом, нужно хотя бы иметь ее спектрограмму, снятую в наземных условиях. Пишу письмо известному американскому астрофизику, крупнейшему знатоку звездных спектров Хербигу с просьбой изыскать возможность получения щелевой спектрограммы этой звезды с высоким разрешением на телескопе с трехметровым зеркалом Ликской обсерватории».

Американский коллега откликнулся на просьбу Г. Гурзадяна. Нужные спектрограммы были получены. Их анализ показал, что звезда № 1 не может быть белым карликом. Догадка, казавшаяся наиболее вероятной, не подтвердилась. Но тогда что же она такое, звезда № 1? Да и звезда ли это? И вообще, достаточно ли оснований считать, что объект № 1 находится в галактике? Уже и такие вопросы стали задавать себе ученые. Даже решились на предположение, что это квазар. (Так называют квазизвездные источники — недавно наиболее сенсационные объекты вселенной.) Ведь в телескопы квазары выглядят как слабенькие звездочки. На самом же деле светимость каждой из них больше, чем целой галактики, состоящей из ста миллиардов звезд. Просто квазары находятся от нас на удалениях, исчисляемых миллиардами световых лет, где-то на самом краю видимой в телескопы части вселенной. Удивительно, что интенсивность блеска квазаров меняется в течение месяцев и даже дней. Это означает, что они — одиночные массивные объекты, а не скопления миллиардов звезд, которые не могли бы мерцать все одновременно.

Откуда же берется энергия для столь мощного излучения? Выдвигались самые фантастичные гипотезы. В последнее время астрофизики склоняются к тому, что «топливо», питающее квазары, — гравитационная энер-

гия. Мы привыкли к мысли, что ядерная энергия самая мощная. А может быть, это заблуждение, ограниченность нашего мышления, рожденная шоком ядерных взрывов? Почему бы не допустить, что во вселенной гравитационная энергия играет гораздо большую роль, чем мы ей отводим сейчас?

Однако если предположить, что звезда № 1 квазар, то он очень непохож на своих, так сказать, собратьев. Его светимость гораздо слабее, значит, он должен находиться недалеко от нас. Короче говоря, получается какой-то карликовый квазар, о которых до истории со звездой № 1 астрономы ничего подобного и в мыслях не держали. Как знать, может быть, и зря. Почему бы не поискать карликовые квазары вблизи нас? Их же нельзя обнаружить там, где нашли обычные квазары!

События вокруг объекта № 1 принимают детективный характер, и развязка пока не предвидится. Но она непременно произойдет. Правда, для этого потребуются новые «Орионы», новые, еще более совершенные и мощные космические обсерватории.

## ИСТОРИЯ С ДВУМЯ ФОТОНАМИ

Природа познаваема, и наука последовательно снимает покровы с ее заветных тайн. Пока мы не знаем биографии вселенной до нынешнего момента, не знаем, что ждет ее в необозримом будущем. Может быть, она разбежится, а может, снова сожмется в точку. И возможно, ответы на многие из вопросов, касающихся судеб мироздания, принесет физика элементарных частиц — наука, изучающая микромир. Ничего здесь парадоксального нет. Главная задача и физики элементарных частиц, и астрофизики — понять, как устроена окружающая нас природа. Вот почему исследования микромира и мегамира сейчас порой тесно смыкаются. Наглядный тому пример — история с двумя фотонами, о которой я хочу рассказать.

Всюду, начиная от пламени обыкновенной спички и кончая звездами и Солнцем, каждый, образно говоря, переход электрона с более высокой орбиты вокруг ядра на более низкую сопровождается испусканием одного, и только одного, фотона. Такова природа этого явления, известного нам со школьной скамьи.

Однако еще в конце 20-х годов немецкий физик-тео-

ретик М. Гепперт-Майер, опираясь на только что появившийся тогда теоретический аппарат квантовой механики, показал чисто математическим путем, что переходы атома из одного состояния в другое могут вызвать появление одновременно двух фотонов. При этом сумма энергий обоих должна быть постоянной и равной разности энергии исходного и конечного энергетических уровней атома.

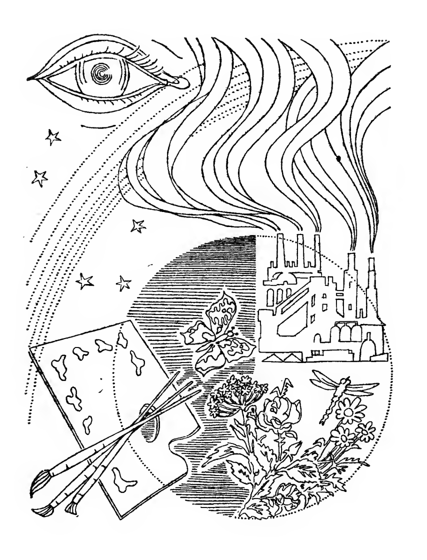
В начале 40-х годов ученые сочли очевидным, что двухфотонное излучение вполне реально при одном из переходов атома водорода. Правда, вероятность такого события в миллион раз меньше, чем обычного однофотонного перехода. Дело в том, что для появления двухфотонного излучения необходимы условия, при которых ничего не должно помешать возбужденному атому «прожить» в особом, метастабильном состоянии положенное время — около десятой доли секунды. А помешать здесь способны случайные столкновения с другими атомами или фотонами.

Выход ясен: нужна сильно разреженная среда, в которой одновременно чрезвычайно мала и плотность излучения. По расчетам выходило, что даже предельно малые концентрации вещества при этом должны быть в миллион раз меньше тех, что достигаются в самых совершенных вакуумных камерах на Земле. Вот почему в течение полувека в физических лабораториях так и не сумели получить экспериментального доказательства одного из фундаментальных предсказаний квантовой механики.

Между тем необходимые для двухфотонного излучения условия существуют в планетарных туманностях. Именно к ним в последние 20—30 лет обращали свои взоры физики и астрофизики в надежде обнаружить неуловимое излучение. И что вы думаете? Именно там они его нашли. На полученной в космосе с помощью «Ориона-2» спектрограмме одной из планетарных туманностей наконец-то отыскались явные признаки двухфотонного излучения водорода. Тщательная проверка, проведенная разными способами, полностью подтвердила этот вывод.

Итак, пока увенчалась успехом лишь одна попытка. Но Рубикон перейден. Внеатмосферная астрономия, которой космонавтика дала жизнь, уверенно шагает в грядущее. И ей суждено раскрыть самые сокровенные тайны вселенной.

# НА ГРАНИЦЕ «ЗЕМЛЯ—КОСМОС»



## КРАСОТА КОСМИЧЕСКИХ ЗОРЬ

Первым увидел космическую зарю Ю. Гагарин. Все было необычно, ярко, впечатляюще. «Красота-то какая!» — только и смог он воскликнуть в восторге от увиденного. Слишком коротким было его путешествие на орбиту.

«На горизонте я увидел ярко-оранжевую полосу, над которой стали возникать все цвета радуги. Небо было таким, словно я глядел на него через хрустальную призму, — рассказывал после своего суточного рейса в космос Г. Титов... — Перед выходом корабля из тени Земли интересно было наблюдать за движением сумерек по земной поверхности. Одна часть Земли — светлая — в это время уже была освещена Солнцем, а другая оставалась совершенно темной. Между ними была четко видна быстро перемещавшаяся сероватая полоска сумерек. Над ней висели облака розоватых оттенков... Космос ждет своих художников, поэтов и, конечно, ученых, которые могли бы все увидеть своими глазами, осмыслить и объяснить».

Сложная цветовая гамма космической зари у Г. Титова вызвала уже не только восхищение красотой необычного зрелища — он почувствовал необходимость его осмыслить, объяснить. Может быть, это и был первый шаг к будущему открытию?

Но пока еще до него было далеко. Отправлялись на орбиту другие космонавты. И вот как они описывали сумеречный ореол планеты.

«Нижняя часть ореола, окрашенная в красно-оранжевые и желтые тона, переходит через белесую полосу к светло-голубым, темно-синим и черно-фиолетовым тонам» (В. Николаева-Терешкова).

«Последовательность окраски ореола в вертикальном направлении от линии горизонта такова: красно-оранжевые тона, желтые, светло-голубые, белесые, затем снова светло-голубые и синие и, наконец, белесоватые» (американские астронавты Д. Макдивит и Э. Уайт).

«От красно-оранжевых к желтым, голубым и белесым, затем опять голубые и белесые» (К. Феоктистов).

А. Леонов на борту «Восхода-2» не только описал игру красок в космосе, но и зарисовал их. Его картины реального и фантастического космоса известны многим. И наверное, многие же обращали внимание на сочность,

какую-то необычайную яркость красок леоновских полотен. Действительно ли цвета в космосе настолько ярки? А может быть, это условия полета, особое эмоциональное состояние космонавта приводят к подобному преувеличенному их восприятию? Решив разобраться в этом, физиологи Е. Иванов и Л. Хачатурьянц провели специальный эксперимент во время полета П. Беляева и А. Леонова на корабле «Восход-2».

В бортжурнал космонавтов вклеили тестовые цветные полосы: красную, зеленую, синюю, голубую, пурпурную и желтую. Все цвета были высокой насыщенности и светлости. Рядом с этими полосами расположили еще одну, с черно-белыми ступенчатыми клиньями. Первый клин абсолютно белый, последний — черный. Известно, что все цвета по мере убывания их яркости приближаются к черному. Поэтому космонавту, а это был А. Леонов, предлагалось сравнивать яркость того или иного цвета с яркостью ступеней черно-белого клина сначала в лаборатории, потом в учебном космическом корабле и, наконец, в полете по орбите. И каково же было удивление специалистов, когда анализ полученных результатов показал, что яркость картин, написанных А. Леоновым, на четверть даже ниже реальной!

И вот я сам в космосе, не в воображаемом, а в натуральном, без подделки. Чисто теоретически, разумеется, представлял, с каким изобилием цветов и красок предстояло мне познакомиться, так сказать, воочию. Но то, что я увидел впервые собственными глазами, взглянув из иллюминатора корабля на земной горизонт, одновременно и потрясло, и ошеломило, и заворожило. Какое-то буйство красок! Богатство космической палитры поистине не поддается описанию. Никаких слов не хватит. Да что там слов! Думаю, попытки воспроизвести цветовую щедрость космоса не словами, а красками на холсте или бумаге тоже обречены на неудачу. Это не преувеличение. Мы пробовали прибегнуть к помощи Ленинградского института метрологии. Оттуда нам прислали все существующие в рамках ГОСТов цвета, всю, так сказать, земную палитру оттенков. Выбрав какой-нибудь один цвет, мы подбирали два наиболее близких его оттенка таким образом, чтобы между ними уже ничего нельзя было поместить, разумеется, из того, что имелось в нашем распоряжении на Земле. А в космосе между двумя этими оттенками умещалась еще целая гамма тончайших полутонов с едва уловимыми на глаз

переходами. Словом, космос не просто первенствовал — он царил.

Если попытаться составить цветовой спектр из земных красок и космических, а затем их сопоставить, то первый напоминал бы грубо сколоченный из неотесанного горбыля забор, где щелей было едва ли не больше, чем досок. Второй же выглядел бы, как клавиатура рояля, где клавиши тщательно и точно подогнаны друг к другу.

Однако в полете мне предстояло не словами описывать и даже не красками запечатлевать открывающийся с орбиты вид на земной горизонт, а фотографировать его на цветную пленку. Раз за разом я прицеливался объективом фотоаппарата, фиксируя, как того требовало задание, состояние слоев яркости приземной атмосферы. Потом, уже на Земле, рассматривая целый ворох этих снимков, которые я старательно «нащелкивал» в полете, сам убедился, что никакая самая качественная фотопленка не в состоянии передать подлинное богатство и поразительно емкую, многогранную красоту цветовой симфонии космоса.

Впрочем, все это лирика. Ведь задача состояла не в том, чтобы добавить восторженных эпитетов к тем описаниям космических зорь, которые уже высказывали мои предшественники, побывавшие на орбите. Надо было помочь ученым осмыслить происходящее в космосе. Фотопленки, которые я доставил на Землю, полностью отвечали их требованиям. И все же жаль, что неповторимую красоту космических зорь нельзя пока перенести на Землю, хотя бы запечатленной с помощью той же фотопленки...

Однако ученых волновало, как мне кажется, совсем не это обстоятельство. Они задавались другими вопросами. Почему сумеречный ореол Земли виднтся космонавтами по-разному? Из-за чего так сложна и многообразна цветовая гамма космических зорь?

Первыми предложили свою разгадку явления медики. Они напомнили, что у каждого человека оптические характеристики глаз сугубо индивидуальны. Все мы видим по-разному. Объяснение вполне убедительное. Конечно, цветовые восприятия в космосе в какой-то мере субъективны, да еще стоит учесть характеристики стекла иллюминатора. У А. Леонова, например, в шлем скафандра, предназначенного для выхода в открытый космос, были вмонтированы фильтры, которые не про-

пускали к глазам до 97 процентов солнечного света. А, скажем, в иллюминаторах моего «Союза-3» стояли обыкновенные кварцевые стекла. Так что некоторые расхождения в описаниях цветовых тонов и оттенков неизбежны. Но при всей убедительности объяснения медиков все же явно недостаточно.

На помощь медикам пришли физики. Проанализировав состояние атмосферы во время полетов космических кораблей, они показали, что во время наблюдений у космонавтов были различны метеорологические условия, направления визирования, положение Солнца и т. д. Поэтому-то цветовые картины сумеречного ореола Земли оказались неодинаковыми.

Давным-давно известно людям, что Земля круглая и атмосфера, которая окружает нашу планету, имеет сферическую форму. Но до недавнего времени ученые считали возможным не обращать на это особого внимания, и в расчетах они допускали, что атмосфера «плоская». Дело в том, что стоит лишь слегка искривить эту очень удобную «плоскую атмосферу с параллельными световыми лучами», как сразу возникали головоломные усложнения в расчетах, создавался своеобразный математический лабиринт, преодолеть который крайне трудно, а некоторые полагали — даже невозможно. К тому же особой нужды забираться в этот лабиринт не было: «плоская» атмосфера вполне себя оправдывала во всех практических расчетах, результаты получались достаточно точными.

Приговор «плоской» атмосфере вынес первый спутник. Столь упрощенная модель не могла уже удовлетворить ученых, и им пришлось-таки залезать в лабиринт. Первыми проложили путь в хитроумных его закоулках академик В. Соболев и его ученик, доктор физико-математических наук И. Минин. Группа молодых последователей должна была продвинуться дальше. Цель: дать более эффективный метод расчета яркости планетных атмосфер, разработать строгую теорию сумеречных явлений. Задача, сформулированная как теоретическая, несла в себе большое практическое значение. Ее решение обещало не только надежный способ определения оптических свойств атмосферы Земли и других планет, но, что не менее важно, открывало новые возможности для навигации в космосе.

Молодые ленинградские ученые получили в конце концов формулы яркости сферической планетной атмо-

сферы, учитывающие положение наблюдателя в космосе, условия освещения Солнцем и многое другое. Они провели расчеты сумеречного ореола земного горизонта, построили цветные картины: вместо громоздких интегралов получилась мозаика красок, всем понятная картинка. Теперь оставалось проверить расчеты экспериментом в космосе.

Под руководством члена-корреспондента АН СССР К. Кондратьева, главного энтузиаста эксперимента, предложившего включить его в программу полета еще «Союза-5», в Ленинграде сделали специальный прибор. 15 января 1969 года на втором и шестом витках и 16 января — на пятнадцатом Е. Хрунов провел наблюдения сумеречного ореола Земли. Сперва он описал его так, как видел сам, а потом, вооружившись прибором, выполнил эксперимент по спектрофотометрированию.

«Смотришь на земной горизонт в направлении, где должно взойти Солнце, и видишь сначала полосу космической зари, которая постепенно увеличивается по высоте и азимуту, — сообщал Е. Хрунов. — Четко видна линия горизонта и линия разрыва облачности. Атмосфера на горизонте у поверхности Земли ярко-красная, сочная. Выше она переходит в оранжевую, желтую, темно-синюю, затем в светло-синюю с плавным переходом в фиолетовый цвет, а потом в черный космос с мириадами ярко светящихся, немигающих звезд...

В противоположном направлении от места восхода Солнца, на ночной стороне, у горизонта Земли наблюдается, — продолжал космонавт, — довольно светлая серого цвета полоса, яркость которой с высотой уменьшается. Но на высоте 95—100 километров яркость опять увеличивается и затем переходит в черный, усыпанный звездами космос. Дивную картину представляет дневной горизонт Земли, хотя линию его просматриваешь не очень четко из-за наличия атмосферы. Он выступает в виде голубой, размытой сверху и снизу полосы, как бы наложенной на цветную дымку».

Корабль летит почти навстречу Солнцу, а точнее, под углом 30 градусов от направления на наше дневное светило. На поверхности планеты ночь, и люди еще не видят зари, но вот она появляется, все увеличивается по протяженности и насыщенности цветов. Она все светлеет, и там, где должно показаться Солнце, образуется светящийся столб. Затем появляется край солнечного диска, и заря сразу уменьшается по высоте и исчезает

совсем. Вот Солнце взошло наполовину, яркость его возросла настолько, что на него уже нельзя смотреть прямо. Если с поверхности Земли человек видит горизонт на удалении трех-четырех километров, то с высоты 250 километров он отодвигается на расстояние 1700 километров, и поэтому восход для космонавта наступает примерно на час раньше, чем для живущих на Земле, в точке, над которой пролетает космический корабль.

Исследования сумеречного горизонта Земли продолжались на «Союзах» и «Салютах». Содружество ученых и космонавтов принесло здесь открытие, которое было занесено в государственный реестр. Вот как он выглядит.

«Диплом № 106. Заявка от 9 августа 1971 года.

**Авторы открытия**

А. А. Бузников — кандидат технических наук, К. Я. Кондратьев — член-корреспондент АН СССР, А. И. Лазарев — доктор технических наук, М. М. Мирошников — доктор технических наук, О. И. Смоктий — кандидат физико-математических наук, и летчики-космонавты СССР Г. Т. Береговой, А. Г. Николаев, В. И. Севастьянов — кандидат технических наук, и Е. В. Хрунов.

**Название открытия**

Явление вертикально-лучевой структуры дневного излучения верхней атмосферы Земли.

**Приоритет открытия**

19 мая 1971 года

**Формула открытия**

Установлено ранее неизвестное явление вертикально-лучевой структуры (горизонтальной неоднородности) дневного излучения Земли в переходной области от ночного эмиссионного слоя до зоны цветного сумеречного ореола».

К слову сказать, после полета в космос Е. Хрунов особо «пристрастился» именно к этой работе. Наблюдения и эксперименты, проделанные им на орбите, легли в основу его диссертации.

Наблюдения, проведенные космонавтами на борту космических кораблей «Союз-3», «Союз-5» и «Союз-9», позволили открыть новые свойства верхних слоев атмосферы. Когда космический корабль находится в тени Земли, при благоприятных условиях (если нет ураганов и циклонов) отчетливо видна черная линия края планеты, а над ней на высоте 80—100 километров однородный светящийся слой — венец пепельно-серого цвета с

розовым оттенком. Слегка размытая граница этого слоя хорошо выделяется на черном фоне космоса.

Линия терминатора, которая делит видимую поверхность Земли на дневную и ночную — сумеречная область, — многообразием цветов напоминает радугу. Особенно интересное явление можно увидеть в переходной области между зонами цветного сумеречного ореола и ночного венца. Здесь появляется сильное свечение в виде желто-серых столбиков, идущих от нижней светлой полосы у горизонта, которая вдвое больше, чем высота венца. Сам венец как бы «разлохмачивается», и появляется впечатление, что с Земли направлены вверх мощные лучи прожекторов.

По мере того как Солнце поднимается над горизонтом, в определенный момент можно наблюдать зону цветного свечения в виде «усов». Они видны, правда, не более двух минут. В районе терминатора красочный ореол как бы отрывается от поверхности Земли и по касательной уходит в черное небо.

Открытие, о котором идет речь, стало итогом почти пятилетнего серьезного научного труда: наблюдений, экспериментов, анализа полученных данных. Красота космических зорь обернулась новым знанием. Насколько же оно важно? Нужно ли так тщательно исследовать результаты наблюдений космонавтов, хотя бы и весьма впечатляющие с эстетической точки зрения?

Во-первых, открытие ночного светящегося слоя в верхних слоях атмосферы Земли поможет космонавтам в самостоятельной навигации и ориентации пилотируемых кораблей на околоземных орбитах.

Во-вторых, светящиеся столбики в переходной зоне свидетельствуют о неоднородности слоев атмосферы в горизонтальном направлении. А это очень важный вывод принципиального характера. Он позволяет найти способ оценки состояния атмосферы, изменений ее состава, загрязненности, наконец, контроля идущих при этом процессов.

Наблюдение из космоса за атмосферой, ее оптическими свойствами превращается сегодня в часть работы по сохранению окружающей нас среды.

### ПО СОЛНЕЧНЫМ СТУПЕНЬКАМ

Будущее атмосферы не может нас не беспокоить. Слишком быстро растут масштабы и размах челове-

ческой деятельности, «перекраивающей» лик нашей планеты. Мы, люди, вмешиваемся в окружающий мир активно и властно. Что же сегодня происходит в окружающей нас среде, в частности в атмосфере, как «отвечает» она на это вторжение?

Прежде всего вспомним о кислороде. Его могучий источник — фотосинтез в земных растениях. Атмосфера содержит около 1 500 000 000 миллионов тонн кислорода. Через каждые две-три тысячи лет этот «живительный газ» полностью обновляется. Но ведь теперь мы сжигаем угля, нефти, горючего газа гораздо больше, чем раньше! За последние 15—20 лет нефти добыто больше, чем за всю предшествующую историю человечества. Эта нефть сгорает в топках электростанций, в двигателях автомобилей, тепловозов и кораблей. Сгорает, поглощая кислород воздуха. Образно говоря, нефть «поедает» кислород со всевозрастающим аппетитом. Не уменьшилось ли его количество в нашем столетии?

Оказывается, нет, не уменьшилось. По крайней мере, по сравнению с 1910 годом, когда начались систематические наблюдения за количеством кислорода. «Зеленые фабрики» — растения — работают, видимо, продуктивнее, чем раньше. Подсчитано, что если даже возрастут темпы добычи топлива, кислорода хватит на сотни тысяч лет. «Кислородный голод» планете не грозит. Зато с углекислым газом дело обстоит несколько иначе.

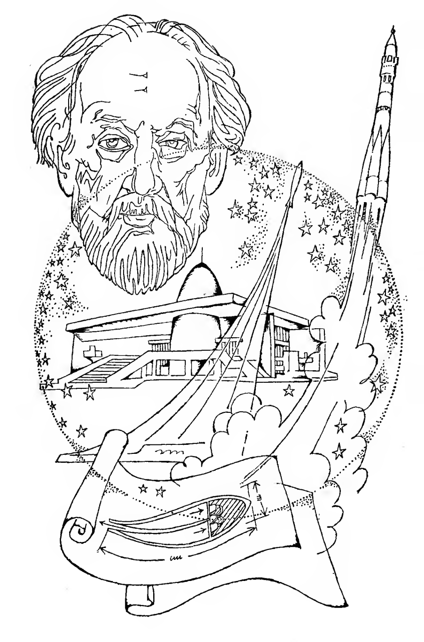
Углекислый газ в атмосфере Земли играет роль, сходную с той, что выполняют стекла в оранжерее. Он пропускает солнечный свет к поверхности Земли, но задерживает тепловое излучение планеты. Создается так называемый «тепличный», или «парниковый», эффект. За столетие количество углекислого газа в атмосфере возросло на несколько процентов. Его источники, напомню, — дыхание животных и растений, сжигание ископаемого топлива, вулканические газы и т. д. Накопление углекислого газа идет довольно быстро. По некоторым данным к 2000 году его будет уже на 20 процентов больше, чем сейчас. В масштабах планеты, как показывают расчеты, это приведет к общему повышению температуры в среднем на два градуса. Увы, пока ученые не знают, как отнесутся к такому повышению концентрации углекислого газа «зеленые фабрики» планеты. Если они «догадаются» увеличить свою производи-

тельность и станут интенсивнее поглощать углекислый газ, то все останется по-прежнему. А если таких резервов не окажется?

Большое влияние на климат Земли оказывает пыль в атмосфере. Ее рождают пустыни, площадь которых растет из-за уничтожения лесов, вулканические извержения, а кроме того, выбросы из фабричных и заводских труб, распыление удобрений и т. д. Между тем пыль — это преграда для солнечной радиации. Недаром некоторые ученые уверяют, что похолодание, отмечавшееся в последние десятилетия, произошло в результате увеличения количества пыли в атмосфере. Не все соглашаются с таким выводом, однако ни у кого не вызывает сомнений, что запыленность атмосферы — это главный фактор, способный изменить климат Земли, и притом очень резко. Загрязнение атмосферы — процесс опасный, и потому за ним надо тщательно следить. Тем более что пока неизвестно, каков тот предел запыленности атмосферы, за которым наступают пагубные «неприятности» с климатом.

«Не нужно драматизировать создавшееся положение, — считал академик А. Виноградов, — но усиление загрязнения атмосферы в ближайшие десятилетия угрожает прежде всего здоровью человека. Поэтому для оценки критических изменений в атмосфере совершенно необходимо организовать систематические наблюдения за состоянием атмосферы на всей планете. Те эксперименты, которые проводятся на орбитальных станциях «Салют» по определению оптических свойств атмосферы, чрезвычайно важны. Они позволяют с высокой точностью выявлять запыленность атмосферы, контролировать процессы, которые идут в ней».

Какие же эксперименты имел в виду академик А. Виноградов? Между прочим, не в последнюю очередь те из них, что связаны с наблюдениями космических зорь. Когда Солнце всходит или заходит, его лучи пронизывают максимально возможную воздушную толщу вдоль земной поверхности. С помощью особых приборов — спектрометров в таком случае удается с высокой степенью точности определять содержание в атмосфере даже ничтожно малых примесей газов или аэрозолей. К тому же, по мере того как Солнце поднимается или опускается, оно просвечивает последовательно разные по высоте слои атмосферы — от нижних до самых высоких и наоборот. Значит, можно оценивать содержание тех



или иных примесей в атмосфере в зависимости от высоты, то есть получать как бы высотный ее разрез.

Осуществить подобные эксперименты было делом далеко не простым. Космические восходы и закаты скоротечны. Успеть за считанные минуты точно навести приборы на Солнце нелегко: необходимо выполнить сложный маневр, правильно сориентировать станцию, привести в действие хитроумный оптический прибор КСС-2 — комплекс солнечных спектрометров. Впервые все это довелось проделать космонавтам А. Губареву и Г. Гречко на борту орбитальной станции «Салют-4». Второго февраля 1975 года на четырех витках космонавты восемь раз включали КСС-2. Каждые полторы секунды фиксировали они новый спектр. Записанные на магнитную ленту данные о 1200 спектрах были доставлены на Землю.

Подобные исследования продолжили другие космонавты. Например, А. Леонов и В. Кубасов проводили съемку Солнца с борта космического корабля «Союз-19» во время совместного советско-американского эксперимента «Союз» — «Аполлон». Фотообъектив их камеры смотрел при этом на наше светило через земную атмосферу. Она как гигантская линза исказила облик Солнца, но зато на фотографиях довольно точно удалось зафиксировать плотность различных участков атмосферы.

Следующий важный шаг сделал экипаж орбитальной станции «Салют-6» В. Романенко и Г. Гречко. Они в процессе очередных съемок обратили внимание на едва заметное изменение формы солнечного диска. То, что Солнце во время восхода и захода меняет свою форму и цвет, известно каждому. Причем, чем плотнее среда, сквозь которую проходят лучи, тем больше она их искривляет. Именно поэтому округлый диск, каким выглядит светило, находясь в зените, по мере приближения к линии горизонта начинает сплющиваться. И вот тут-то Г. Гречко обнаружил необычное явление. Во время первой экспедиции бортинженер, вооружившись биноклем, каждую свободную минуту проводил у иллюминатора. И однажды заметил на опускающемся за горизонт солнечном овале какие-то полосы. Они как бы опоясывали овал по краям. Г. Гречко назвал их «ступеньками».

Несомненно, это было еще одно свидетельство слоистого строения атмосферы Земли. Оказалось, что несмотря на бурное перемешивание воздушных масс из-

за восходящих и нисходящих потоков и ветров, атмосфера ухитряется сохранять вполне различимую «этажность» слоев. Космонавты обычно насчитывают шесть-семь таких «ступенек» разной высоты. Но как использовать это явление для изучения атмосферы?

Ответить на этот вопрос взялись ученые из Института физики атмосферы АН СССР под руководством академика А. Обухова. Они расшифровали природу запечатленного космонавтами на пленке явления. И вот что при этом выяснилось: в том самом месте, где обозначалась «ступенька», на высоте пять-шесть километров над уровнем моря в толще атмосферы было установлено резкое изменение температуры — «фронт», как говорят метеорологи. А этот самый «фронт», между прочим, очень часто предвещает изменение погоды. Теперь можете себе представить, какую неоценимую услугу метеорологам оказал не совсем обычный фотоснимок, доставленный с борта «Салюта». Ведь ни одним из известных до настоящего времени способом не удавалось зафиксировать подобные явления.

Закономерности, выявленные в результате плодотворного сотрудничества космонавтов и ученых, позволили по-новому взглянуть на перспективу развития космической метеорологии. В будущем любое отклонение от эталонных параметров атмосферы, «привязанных» к определенному району воздушного океана нашей планеты, не останется незамеченным. Иформация о возникших отклонениях сразу поступит на пульты метеорологических центров, будет оперативно использована при составлении прогнозов погоды, сделает их более точными и достоверными.

Конечно, чтобы применить на практике новые методы зондирования атмосферы из космоса, предстоит еще выполнить огромный объем исследований. Эта работа идет полным ходом, и в ней активно участвуют космонавты. Вот почему разговор о Солнце часто заходил в сеансах связи Центра управления полетом с экипажами «Салюта-6».

— Над Средней Азией антициклон, — говорит Л. Попов, — вот где жарко...

— А мы тут тоже используем солнышко максимально, — добавляет В. Рюмин, — просвечиваем им атмосферу. Кстати, на диске ступеньки сняли, должно неплохо получиться...

В течение нескольких дней проводили космонавты эксперимент «Рефракция». Они снимали восходы и заходы Солнца, зарисовывали цветовую зарю, проводили визуальные наблюдения. Продолжалась работа, начатая их товарищами за несколько лет до этого. Преемственность в научной программе полета орбитального комплекса «Салют-6» — «Союз» — «Прогресс» позволяет постоянно углублять и расширять наши познания о Земле и космическом пространстве.

Такого рода информация, получаемая регулярно, имеет не только научно-теоретическое значение, но и сугубо практическое. Перво-наперво это позволяет уточнить модель атмосферы, уяснить сущность протекающих здесь фотохимических процессов. Возможно, станут понятнее пути образования удивительного слоя озона — этого тончайшего покрывала нашей планеты, спасающего все живое от губительного ультрафиолетового излучения Солнца. Не исключено, например, что уточнение концентрации водяных паров в верхней атмосфере даст ключ к разгадке тайны серебристых облаков, вот уже почти столетие волнующей ученых.

### ЗА СЕРЕБРИСТОЙ СТАЕЙ ОБЛАКОВ

Любопытно, что задача наблюдения за серебристыми облаками никогда специально не предусматривалась, хотя об их существовании ученые знают давным-давно, еще с конца прошлого века. Разные люди в разных местах изредка замечали после захода Солнца тонкий слой облаков, словно бы светящихся в потемневшем небе. Отчего же они видны ночью, когда все другие облака, как им и положено, «гаснут»? Вывод не вызывал сомнений: они, эти ночные облака, располагались очень высоко. Подсчитали высоту и не поверили: где-то около 80 километров! Откуда же они берутся и из чего состоят?

На эти вопросы и по сей день нет однозначного ответа. Зато много споров и предположений.

На высоте более 80 километров царят 70—100-градусные морозы. Ученые полагают, что при определенных обстоятельствах, например, после извержения вулканов, туда выносятся большие массы водяного пара. Он конденсируется на крохотных космических пылинках и превращается в мельчайшие кристаллики. Однако до

сих пор никто не решается с полной уверенностью утверждать, что серебристый блеск дают именно водяные пары. Вполне возможно, что облака состоят из твердой углекислоты или какого-то иного вещества. Проверить это трудно, очень уж неудобная для исследований высота, на которой «живут» загадочные тучки.

Правда, в США и Швеции предпринимались попытки добраться до ночных пришельцев, используя ракеты. Их оснащали специальными ловушками. Сообщалось, что удалось якобы захватить ими вещество серебристых облаков. Но пока ловушки возвращались на Землю, оно испарилось. В руки ученых попали лишь «голые» пылинки. Разгадка тайны вновь ускользнула, а интерес науки к этому явлению нарастал.

Точные сведения о происхождении и составе серебристых облаков ученым нужны не сами по себе. Они, эти сведения, могут дать возможность уверенно судить о составе верхней атмосферы, о направлении и силе ветров на соответствующих высотах. Однако особых надежд заполучить такие данные ученые не питали. Дело в том, что с Земли серебристые облака видны крайне редко. К тому же замечали их в основном над Европой, изредка над Азией, а, скажем, над Америкой вплоть до 60-х годов и вовсе ни разу. Даже уверились было в мысли, что над южным полушарием их не бывает совсем. Правда, сравнительно недавно все же заметили серебристые облака и с одной из южноамериканских станций, а еще через некоторое время — и над Антарктидой. Видимо, поэтому никто и не рассчитывал, что здесь смогут помочь космонавты. Вот почему встреча орбитальной научной станции «Салют-4», на борту которой находились П. Климук и В. Севастьянов, с серебристыми облаками стала настоящей научной сенсацией. Вот как П. Климук описал эту встречу с загадочным явлением в своем репортаже с орбиты.

— Видим блестящий холодный свет, почти перламутровый... Он красиво так переливается... Мы такой захватывающей картины еще не видели, хотя успели насмотреться тут на многое... Сейчас мы видим их как бы в профиль, верхняя граница очень четкая, а нижняя размытая, толщина всюду разная...

Космонавты обнаружили серебристые облака на исходе дня в 21 час 35 минут, пролетая в районе Канады. А потом они исчезли, и все решили, что выпал на долю П. Климука и В. Севастьянова экзотичный случай, ко-

торый мало что может дать иауке. И вдруг через две иеделн...

— «Кавказы», я — «Заря», иа связь! — привычио вызывал оператор Цеитра управлеиня экнпаж «Салюта-4».

В эфире молчаиие. Земля повторила вызов. Снова лишь потрескиваиие шумов в радиолииии. «Уж ие случилось чего иа орбите?» — мелькиуло в голове, ио тут же громко и торопливо прозвучал голос П. Климука:

— Я — «Кавказ», слышу вас хорошо.

— Доброе утро, «Кавказы»! Крепко же вы спнте! — с облегчеиием вздохиул оператор.

— Где там спим! Мы уже давио иа иогах! Поднялись, посмотрели в нллюминатор и тут же забылн обо всем иа свете. Мы увидели серебристые облака! — восторжеииой скороговоркой объясинл молчаиие П. Климук.

— А коордниаты зафиксировали? — деловнто осведомился оператор.

— Коиечно! — подхватил «Кавказ». — У нас все записаио.

Космоиавты попросилн Цеитр управлеиия разрешить им продолжить наблюдеиия, провестн фотосъемкн и воспользоваться спектрографическим прнбором МСС-2. На Земле согласились, и вот тогда-то в программе полета появился эксперимент, назовем его «Серебристые облака», который не планировался заранее.

Более двадцати раз за период с 1 по 23 июля экипаж «Салюта-4» иаблюдал иеповторимую картнну свечеиия серебрнстых облаков иа фоие цветового ореола космической зарн. То иад Сахалииом, то над Казахстаном, то иад Алтаем...

— Такое впечатлеиие, что они ие вращаются вместе с атмосферой, а застыли протнв Солица, — иедоумевал П. Климук. — За иесколько часов иаблюдеиий оии как будто совсем ие сместились. Нельзя ли уточнить, почему нам кажется, что облака иеподвнжиы?

— Специалнсты говорят, что облака вращаются, — отвечает Земля. — Просто вы иаблюдаете уиикальиейший случай, когда образовался целый широтиый пояс серебристых облаков огромиой протяжеиности, в несколько тысяч километров.

Облака тяиулись сплошной лииией от Урала до Камчатки. И космоиавты ие упустилн этой иевероятио редкой удачн. Быстро подготовили аппаратуру к съемке. Включилн ручиую орнеитацню станцнн н, забыв о

красотах, открывавшихся их глазам, сноровисто делали снимки и спектрограммы.

— Спасибо вам, «Кавказы», от ученых, — отвечает Земля иа доклад экипажа о проделанной работе. — Они говорят: вы пролили бальзам на их души...

Расшифроваииые потом иа Земле, спектрограммы принесли иовые сведеиия о природе иеуловимых облаков. На иих, кстати, обиаружились полосы поглощеиия молекуляриого кислорода и воды. Как будто подтверждается конденсациоиная гипотеза происхождения серебристых облаков.

Вот так взгляд из иллюминатора космической станции дал научную ииформацию, которую ие получить и за многие десятилетия весьма интенсивных иаблюдеиий с поверхности Земли.

Случай с серебристыми облаками, в общем-то, не совсем обычный. Но его исключительность, по-моему, лишиий раз подчеркивает, насколько широки, потенциальио богаты, а порой и неожиданиы возможиости изучения иашей плаиеты из космоса.

## ВНИМАНИЕ — МАГНИТНАЯ БУРЯ!

В августе 1925 года К. Циолковский выпустил в Калуге коиспект, как принято говорить — на правах рукописи, под страииым названием: «Причина космоса». Там есть такие слова: «Мы живем более жизнью космоса, так как космос бескоиечио значительиее Земли по своему объему, массе, времени...» И в других работах калужского провидца постоянно утверждалась мысль: связи Земли и космоса более тесиы и разнообразиы, чем мы полагаем. Прошедшие с тех пор десятилетия убеждают в том, что и здесь Константин Эдуардович оказался прав.

Чем больше и глубже познаем мы природу родной плаиеты, тем яснее и четче выявляются ее связи с окружающей ее космической средой. Особенно здесь, иа граиице Земля — космос, где едва ли не самым мощиым и эффективным орудием познания стали в последние годы космические полеты. Вот почему я без риска впасть в преувеличение берусь утверждать, что любой, самый, казалось бы, рядовой эксперимеит, проведеииый космонавтами на орбите, содержит в себе ие только сугубо теоретические, но и прикладные гра-

ни проблемы «Земля — космос». Взять хотя бы такой опыт с коротким, но вполне научным названием, как «Эмиссия». Попытаюсь объяснить, что за ним кроется.

Без малого сто лет назад родилась гипотеза о существовании в верхних слоях земной атмосферы некой зоны электрически заряженных частиц. Шли годы, и, кстати, тем самым летом, когда К. Циолковский писал свой труд «Причина космоса», эта гипотеза получила подтверждение в экспериментах с радиоволнами. Появилось новое геофизическое понятие «ионосфера».

Чем дальше изучали ионосферу, тем больше убеждались, что механизм ее образования и существования чрезвычайно сложен. Ионосфера — это передовая линия обороны воздушной оболочки Земли, где молекулы и атомы, ее слагающие, первыми принимают удар многообразного излучения Солнца и потоков частиц, идущих из космических глубин. В результате бесконечных столкновений с ними и появляются на свет электроны и ионы, из которых состоит ионосфера. В процессе этом разобраться очень трудно еще и потому, что вся эта электромагнитная кухня находится на высотах 250—350 километров. Как туда добраться?

А добраться и разобраться надо. И совсем не из праздного любопытства, а по причинам прозаически практичным. Ведь при разогреве ионосферы воздух из более плотных нижних слоев поднимается выше, вызывая значительное увеличение плотности среды на больших высотах. А раз так, то сопротивление движению космических аппаратов на этих высотах увеличивается. Подобные колебания плотности заранее рассчитать невозможно. О них удается судить лишь по изменению орбит спутников и кораблей, которые движутся в среде как бы с переменной плотностью. Эти же колебания приводят к возникновению помех или даже перебоев в радиосвязи, что небезразлично уже не только для космонавтики.

Солнце решающим образом влияет на образование ионосферы. Поэтому ее граница ночью и днем меняется в довольно значительных пределах — от 25 до 30 километров. Ионосфера как бы дышит, то вздымаясь, то опускаясь. А солнечные вспышки, увеличивая набегающие потоки ультрафиолетовых и рентгеновских лучей, поднимают в ней волнение, иногда переходящее в настоящий шторм. Энергия частиц возрастает, они про-

никают глубже. Во время таких вот геомагннтных бурь н происходнт сильный разогрев верхиих слоев атмосферы за счет энергии Солица. Кроме того, этому разогреву способствуют электрнческие токн, протекающие в поляриых областях иоиосферы.

Все этн упомяиутые миою взаимные влияния, разогревы, перетекаиия, пульсироваиие граииц — процесс невероятио запутаииый, разбираться в котором люди только иачинают. Экспериметт «Эмиссия» касается лишь небольшой его частностн. И появился он в программе полетов после того, как в сентябре 1973 года космонавты В. Лазарев н О. Макаров с корабля «Союз-12» впервые увидели свечение эмиссиоииого слоя иа ночиой стороие Земли. Затем эти наблюдения с помощью специальиой аппаратуры продолжили экипажн орбнтальиой стаицин «Салют-4». Одиако иаиболее существенные результаты прииеслн иаблюдеиия космоиавтов с борта орбнтальиой стаиции «Салют-6».

Экипаж второй осиовиой экспеднции иа «Салюте-6» (В. Ковалеиок и А. Иваичеиков) ие только многократно иаблюдал эмиссию иочиой атмосферы Земли, ио и сфотографнровал ее. В дневиике комаидира экипажа была сделаиа запнсь: «Сияиие наблюдается одновремеиио со вторым эмисснонииым слоем. Отдельные лучи поляриого сияния достнгают второго эмнссноииого слоя, как бы разрывая его...»

Имеиио в эти дии иа Земле отмечалнсь возмущения, характериые для магиитиой бури, которая началась виезапно и была очеиь сильиой н продолжнтельиой. Повышениое излучеиие второго эмиссноииого слоя заметили даже с Землн в средиих широтах.

Интересную картииу увнделн космоиавты 29 сентября 1978 года. В 9 часов утра по московскому времени, когда стаицня пролетала иад Атлаитикой, начались мощиые поляриые сняиня одиовремеино в северном и южном полушариях. Областн свечеиия простирались от полюсов до 25 градусов севериой и южиой широт. Орбитальиая станция пролетала как иад областями, так и через области свечеиия поляриых сияиий. Оин были похожи на бегающне лучи прожекторов, бивших с поверхиости Земли. Яркую, перелнвающуюся всемн цветамн радугн картину космоиавты сравнивали с фаитастической цветомузыкой. Это мощное полярное сияние продолжалось около десятн часов н закончнлось так же виезапно, как н началось.

Систематнческие наблюдения космонавтов за эмнсснонным излучением верхней атмосферы на протяжении 140-суточного полета позволили ученым сделать некоторые обобщения н выводы. Так, интенсивное свечение второго эмиссионного слоя в форме замкнутого кольца, как предположилн специалисты, служит предвестннком мощных полярных сияний и связано с проявленнем солнечной активности. И первымн эту связь «нащупали» космонавты.

На 135-е суткн полета В. Коваленок в дневннке записал: «Первый эмиссионный слой слился с вндимым горизонтом Землн (23.30—00.05 моск. временн). Отмечается повышенное свечение всей атмосферы на теневом участке орбиты. Второй эмиссионный слой наблюдается на небесной сфере замкнутым кольцом. Спросить ЦУП: не ожидаются ли мощные полярные сияния? Какое состояние Солнца?»

Центр управления полетом обратился к соответствующим специалистам. Те подтвердили, что нз-за процессов, происходящих на Солнце, пожалуй, возможны мощные полярные сияния. А вскоре прогноз космонавтов полностью оправдался. Теперь уж заволновалнсь ученые: как это экипаж станцин сумел предусмотреть очередной солнечный каприз?

Оказалось, что несколькими днями раньше на борт «Салюта-6» было передано сообщение о предполагаемой магнитной буре с просьбой к космонавтам понаблюдать за полярными сияннями в районах южнее Австралии н над юго-восточной частью Канады, еслн таковые возннкнут. Действительно, и в северном и в южном полушарнях в назначенный срок замерцали сполохи. И вот тут-то космонавты вспомнили, что накануне появилось в небе свечение второго эмиссионного слоя. Оно было хорошо заметно в виде замкнутого кольца...

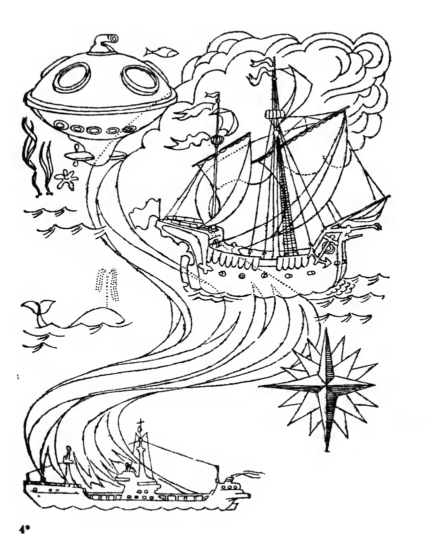
Теперь ученые не сомневаются: эмиссионное излучение верхней атмосферы Земли н полярные сияния — хороший индикатор геомагнитной, геофизической и гелиофизической активности. Особенно чутким они считают второй эмиссионный слой. Поэтому в программе последующих космических полетов предусмотрены систематические наблюдения и нсследования с помощью приборов верхних слоев атмосферы в видимой, ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра.

Но уже сегодня оптические наблюдения космонавтов дали возможность уточнить некоторые представлення о

физических процессах и явлениях в земной атмосфере. Например, еще после полета корабля «Восход» К. Феоктистов высказал предположение, что полярные сияния существуют постоянно и их все время должно быть видно из космоса. И что вы думаете — второй экипаж «Салюта-6» наблюдал полярные сияния непрерывно в течение 49 суток. Правда, сияния типа полярной шапки, то есть самые мощные, встречаются все-таки довольно редко. Это подтвердили экипажи всех длительных экспедиций, работавших на «Салюте-6».

Итак, мы начали с одного рядового опыта, поставленного на орбитальной научной станции. И даже у него есть своя история, свой теоретический интерес, свой практический смысл. Есть будущее — тот желанный итог, когда ученые скажут: «Все ясно». И тогда, я уверен, слова эти станут сигналом нового начала.

# ОКЕАН ЗАГАДОК



### ГДЕ РОЖДАЕТСЯ ПОГОДА!

Пожалуй, первое, чему несказанно удивляешься, взглянув на Землю с высоты космической орбиты, — как же много на нашей планете воды! Летишь над безбрежным простором с чудовищной скоростью, около 15 тысяч (!) узлов, если пользоваться морской мерой, а кажется, неподвижно висишь в небе. Устанешь ждать, когда же появится суша. Вот она наконец замаячила вдали, и с невольным облегчением восклицаешь про себя: «Земля!» Но едва успеваешь обрадоваться, как через пять-семь минут промелькнула под тобой Африка или Южная Америка, и вновь по бесконечной глянцевитой глади скользит лишь золотистый солнечный зайчик...

Огромен Мировой океан. На каждого из нас, живущих на Земле людей, приходится около 400 миллионов кубометров воды, покрывающей две трети земной поверхности. Число, согласитесь, вполне космического масштаба. Но сознаешь это по-настоящему только здесь, на орбите, когда вся наша планета предстает действительно голубой.

Впрочем, это первое самое общее впечатление. В иллюминаторе космического корабля океан выглядит поразному. Прямо перед тобой он серо-зеленый, а дальше, если медленно уводить взгляд в сторону, поверхность океана играет целой гаммой оттенков: темно-зеленый, бутылочный, бледно-голубой, голубоватый, голубой, темно-голубой, светло-голубой, еще голубее, и — небо. Красота неописуемая!

Мировой океан очень помог человечеству составить верное представление о своем доме — планете Земля. Но сам долгое время, по существу, не удостаивался внимания исследователей. Он и в начале нашего века считался главным образом удобной, дешевой международной дорогой. Лишь с этой точки зрения океан и вызывал заботы ученых. Однако в последние годы почти триста научно-исследовательских судов разных стран неустанно бороздят моря и океаны, а сумма средств, израсходованных человечеством для его познания, уже превзошла стоимость экспедиции на Луну. Но проблемы, которые заставляют нас энергично изучать Мировой океан, более неотложны и злободневны, чем исследование нашей космической соседки. В них драматически переплетены и опасения и надежды человечества, вступающего в XXI век.

Морские течения — вот что прежде всего надо знать мореходу. Это люди поняли с незапамятных времен. Утлое суденышко той поры морские течения уносили порой совсем не туда, куда иаправлял его капитаи. Да что говорить: и в наши дни могучие лайнеры вынуждены считаться с реками в океане, чтобы сэкономить горючее.

Недавно один английский метеоролог решил по тексту поэмы Гомера о скитаниях Одиссея определить течения и направления ветров, с которыми боролся герой древнего эпоса. Получились довольио подробиые карты морских и воздушных течений восточиой части Средиземного моря. И что вы думаете? Оказалось, что оии в основном совпадают с картами, которые используют штурманы современных кораблей, когда оии приходят в эти воды сегодня. А ведь прошло почти тридцать веков!

Если уж современники Гомера и Одиссея иастолько точно представляли себе движение вод, то что же говорить о людях XX века? Наверное, все изучеио до последней струйки, подумаете вы. Достаточно вспомнить хотя бы обыкновенный школьный атлас, на котором океаны испещрены синими и красными изогнутыми стрелками.

Но вот в 1967 году советское экспедиционное судио обнаружило в Аравийском море странное движение вод, не отмеченное на самой подробной карте течений. Больше того, оно не было, как обычно, подобием текущей среди вод реки. Здесь струи закручивались по спирали, образуя гигантский вихрь. Это было неожидаино, это было открытие, которое вскоре перевернуло все привычные представлення ученых о динамике вод океаиа, заставило по-иному взглянуть иа многие стороиы его жизни.

Начались поиски страиных океанских вихрей. В 1970 году целая флотилия советских научных кораблей вышла в Атлантику. Суда расположились в одном из районов акватории по определенной схеме, поставив под контроль поверхность в сорок тысяч квадратных километров. Этот грандиозиый эксперимент получил название «Атлантический полигон». Корабли, участвовавшие в нем, словио невидаиные стетоскопы, выслушивали грудь исполина. Все измерения шли по одной программе, синхронно. Результаты подтвердили: в Атлантике воды тоже закручиваются вихрями. И американ-

ские океанологи вскоре зафиксировали подобные явления.

Океанские водовороты поразили ученых своими огромными масштабами. Некоторые из них достигали сотен километров в поперечинке, увлекая в движение слои толщиной в сотни метров. Выяснилось, что водяные вихри так же часты, как и атмосферные циклоны и антициклоны. Вычисления показали, что именно в вихрях, а не в постоянных течениях, как думали раньше, сосредоточена большая часть кинетической энергии гидросферы планеты.

Иначе говоря, если свести воедино известные теперь ученым движения океанских вод, можно гидросферу как бы уподобить атмосфере. Обеим оболочкам Земли свойственны вихри, постоянным течениям соответствуют постоянные ветры — пассаты. Только вот темпераменты у этих двух стихий разные и пропорциональны плотности образующих их веществ...

Значение открытия циклонических вихрей, дальнейшее изучение этой стороны жизни океана быстро оценили ученые многих стран. Было решено объединить советскую программу «Атлантический полигон» и аналогичную американскую МОДЕ в совместную — ПОЛИМОДЕ. К ней присоединились другие страны. Именно тогда и стало очевидным, что без использования космической техники подобные исследования растянутся на долгие годы и поглотят огромные средства прежде, чем принесут практические и важные выгоды. А их ожидается немало, и одна из них — более совершенные методы прогнозирования погоды в прибрежных районах и в глубине континентов.

Где и как рождается погода? Лет пятьдесят назад «кухней погоды» считали Арктику, куда стремились научные экспедиции. Потом виновницей всех событий в воздушном океане назвали стратосферу. В ту пору исследователи уповали на полеты высотных аэростатов. Сегодня значение Арктики и верхних слоев газовой оболочки планеты не зачеркнуто, однако общепризнано, что именно Мировой океан определяет поведение атмосферы. Полагают, что в водах океана накоплено в пятьсот, а может быть, в тысячу раз больше тепла, чем он теперь получает с солнечными лучами за один год. Поэтому тропическую часть океана сравнивают с котлом, наполненным горячей водой, как бывает в системах домашнего отопления. Только вместо труб, разносящих нагре-

тую воду по периферии, — течения. Теплые идут к полюсам, холодные — обратно, к экватору.

Так вот из-за вихрей, о которых идет речь, и некоторых других причин, не совсем еще ясных ученым, отопительная система планеты все время меняет свой режим, перестраивается. Изучить подобное непостоянство настолько, чтобы уметь строить долгосрочные прогнозы погоды, дело очень непростое. Загвоздка здесь не в трудностях математического отображения сложных процессов. Уравнения, которыми пользуются в наши дни синоптики для «вычисления» погоды, как уверяют специалисты, весьма совершенны, и нет нужды вводить в них какие-либо дополнительные уточнения. Сегодня надежность прогнозов в среднем 85 процентов. Иначе говоря, не подтверждаются лишь пятнадцать из ста предсказаний. Причина — скудость метеорологической информации. А как ее своевременно и в необходимом объеме получить с необозримых голубых просторов? Мыслимо ли там создать мало-мальски подходящую сеть наблюдательных станций?

Разумеется, нет. Выход один — организовать наблюдения и измерения из космоса. Именно космонавтика предоставила возможность связать воедино отдельные части сложной картины, взглянуть на вечно меняющийся в непрерывном движении океан как на единое целое.

Спутники, орбитальные станции приносят сегодня весьма ценную, а иногда и уникальную научную информацию о природе Мирового океана, его сегодняшней жизни. Быстро развивается новое научное направление, которое иногда называют «космической океанологией». Правда, некоторые ученые считают такое название не совсем удачным, подчеркивая, что рождающиеся сейчас космические методы и средства изучения океана не заменяют, а дополняют существующий технический арсенал океанологии. Поэтому-де не приходится говорить о какой-то новой, особой науке об океане, не учитывающей все те знания, что накоплены за целое столетие земной океанографии.

Споры вокруг термина не меняют сути дела. «Космическая океанология» (за неимением более удачного названия оставим пока это) уже не ограничивается только демонстрацией своих возможностей, а вносит быстрорастущий вклад в решение больших океанографических задач.

## КОСМОНАВТЫ ОЗАДАЧИВАЮТ ОКЕАНОЛОГОВ

Первые важные успехи в области использования космических даиных иепосредственно для изучения океана и его ресурсов наметились, как часто бывает, вовсе не там, где их больше всего ожидали. Самым заманчивым океанологи считали возможность осматривать с космической высоты огромные площади океанской поверхности. На какие-либо особые открытия в своей науке они не рассчитывали. От космонавтики ждали прежде всего помощи в сборе информации о состоянии и свойствах поверхности Мирового океана в глобальном масштабе. Отводили космосу, так сказать, техническую роль. Наверное, поэтому, когда запущенный на орбиту в 1968 году спутник «Космос-243» позволил себе измерить колебания температуры поверхиости Тихого океаиа вдоль одного из меридианов, никто из океаиологов не счел это за сенсацию. «Да, безусловио, — говорили они, — эксперимент со спутником — крупное техническое достижение, но не больше, ведь его результаты ничего ие добавили к тому, что мы уже знаем об океане».

Конечно, ученые понимали, что космическая техиика в изучении океана — подспорье немаловажное. Так, приборы инфракрасного излучения с высоты нескольких сотен или тысяч километров оказались способными измерять температуру морской поверхности с точностью до одного градуса и даже до десятых долей градуса. И это тоже не предел. С помощью такой аппаратуры удалось определять границы теплых и холодных течеиий, области, покрытые льдом, и многое другое. Причем нужную информацию можно собирать оперативно с огромных площадей. Вот в этом-то и видели главное достоинство орбитальных методов исследования. Кстати говоря, оно не замедлило проявить себя. Приведу несколько примеров.

Особую роль в долговременных изменеииях погоды и климата иашей плаиеты играют температуриые аномалии поверхности океаиа. Академик Г. Марчук обосновал коицепцию ключевых районов Мирового океана, которые оказывают на климат наибольшее влияние. Таковы, по его миению, например, зоиы формироваиия крупиых морских течений Гольфстрима и Куро-Сио, райоиы у кромки ледяного покрова, где происходит подъем иа поверхиость холодных вод. Эта концепция легла в осиову программы «Разрезы». Оиа предусматри-

вает организацию целенаправленной системы наблюдений, слежение за возникающими в океане изменениями температуры, которые спустя недели и месяцы отражаются на погоде и климате континентов.

По этим же причинам советские и американские океанологи ведут совместные исследования в районе течения Гольфстрим. Используя спутниковые методы наблюдения за океаном, они уже в течение нескольких лет получают регулярную и подробную информацию о возникающих циклонических и антициклонических вихрях Гольфстрима, траекториях и скорости их движения, об изменениях фронта самого течения. Такого рода оперативные данные, полученные из космоса, позволили, между прочим, повысить и эффективность работы морских экспедиций. Научно-исследовательские суда обеих стран и, в частности, советский корабль «Академик Курчатов» быстро и безошибочно выводились к тем или иным интересующим ученых объектам исследований.

Успешно применяют океанологи различные спутники для изучения особенностей движения вод в океанах с помощью дрейфующих буев-ответчиков. Спутники здесь выступают в роли ретрансляторов. Информацию, регулярно поступающую с буев, они передают на корабли или в наземные центры. Таким методом американские специалисты изучают перемещение вихрей Гольфстрима. Австралийские ученые, воспользовавшись американским спутником, обнаружили вихревые образования у западного побережья своего континента. А французские океанологи, расположив автоматические ответчики на айсбергах, смогли исследовать течения у берегов Антарктиды. Изучение течений в южных широтах с помощью многочисленных дрейфующих буев предусмотрено и в международной программе так называемого первого глобального эксперимента — ПИГАП.

Словом, за последние годы появились интереснейшие исследования, которые невозможно было бы провести без данных, получаемых из космоса. Уверен, что для грядущих поколений океанологов такого рода сведения станут естественной частью их повседневной научной работы, какой бы стороны жизни Мирового океана они ни касались. Правда, пока еще запускать спутники в космос не дешевле, чем посылать корабли с научными экспедициями в океан. Это заставляет тщательнее искать и находить наивыгоднейшие с точки зрения научного результата и материальных затрат сочетания кос-

мических и традиционных методов исследования могучей стихии. В этом гарантия получения не просто любопытной, а полезной для науки и народного хозяйства информации.

Совместная работа океанологов с космонавтами началась сравнительно недавно. И, надо сказать, на первых порах многие сообщения с орбиты о результатах наблюдений океана ученые воспринимали весьма сдержанно, если не скептически.

«Из космоса, — уверял доктор физико-математических наук К. Федоров, руководитель отдела Института океанологии имени П. П. Ширшова АН СССР, — действительно можно увидеть многие явления, которые поражали воображение землянина, особенно если к таким наблюдениям он не подготовлен. Но не следует забывать, что океан люди изучают не один десяток лет, знаем мы о нем многое, и, если бы на месте космонавтов около иллюминатора сидел океанолог, его вопросы и его удивления были бы совершенно иными».

Наверное, известный резон в словах ученого есть. Однако же удивляться вместе с космонавтами океанологам пришлось гораздо раньше, чем их коллега попал в состав экипажа орбитального комплекса.

...Шел очередной сеанс связи с экипажем научной станции «Салют-6». Космонавты В. Ляхов и В. Рюмин вели визуальные наблюдения над Тихим океаном, и вдруг слышим:

— «Заря», сообщите океанологам — видим участок подводного горного хребта.

— Принято, — ответила Земля.

И через минуту:

— Уточните район, «Протоны». Океанологи не верят, считают, что этого не может быть. Вам не померещилось?

— Да нет, не померещилось. Ясно видим оба. Район юго-западнее Гавайских островов.

Как убедились на Земле, в этом районе действительно под водой простиралась горная цепь. Но ведь она на глубине сотен метров. А по законам физики толща воды более ста метров совершенно непрозрачна. Как могли «Протоны» заглянуть невооруженным глазом на гораздо большие глубины? Было от чего прийти в недоумение ученым.

Секрет удивительной сверхпрозрачности океанской воды пока не открыт. Нет даже какой-либо гипотезы. Специалисты лишь предполагают, что при определенном

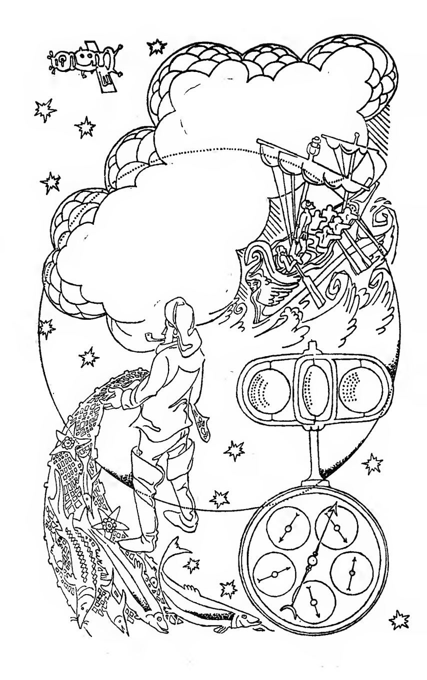
угле наблюдений и при особых условиях освещенности космонавты могли увидеть не сами горы, а, скажем, оптический эффект, вызванный скоплениями взвешенных в воде частиц. А скорость их оседания — это уже установлено — зависит от вертикальных перемещений воды, которые, в свою очередь, могут быть связаны с рельефом океанского дна.

Конечно, чтобы подтвердить или опровергнуть эти предположения, необходимо провести неоднократные наблюдения, выполнить исследования на математических или, возможно, оптических моделях. Приведут ли эти изыскания к фундаментальному открытию? Не берусь этого утверждать. Зато совершенно очевидно другое: космонавты, озадачив океанологов, подсказали им новое, судя по всему, неожиданное направление исследований океана. И этот случай далеко не единственный.

В последние годы удалось выяснить, что вода в океане вовсе не перемешана до полной однородности. Она, словно своеобразный коктейль, разделена на четко разграниченные слои, отличающиеся один от другого своей температурой, плотностью и соленостью. По этим слоям могут бежать волны (их океанологи называют внутренними), в то время как поверхность океана остается практически спокойной. Для изучения этих волн с надводных кораблей нужны сложные приборы и специально поставленные исследования. Потому-то сведений о подобных явлениях наука накопила очень мало. И вот, к изумлению исследователей, оказалось, что следы внутренних волн видны с космической орбиты. Отчего это происходит?

Ученые пока не знают. Еще одна загадка ждет своего решения, открывается еще один путь исследований поведения глубинных слоев океана, доступ к которым весьма ограничен.

Вспомните, какую шумную сенсацию в зарубежной печати вызвало сообщение, что американские астронавты с борта космической станции «Скайлэб» обнаружили в районе пресловутого Бермудского треугольника провалы и воронки. Досужие фантазеры с воспаленным воображением принялись живописать жуткие картины гибели кораблей, затянутых в пучину гигантскими водоворотами. В нездоровом ажиотаже, поднятом людьми, малосведущими в океанографии, а то и просто недобросовестными, нелегко было даже ученым отделить выдумку от истины. А она, истина, оказалась такова.



Астронавты действительно обнаружили искривления поверхности океана. С помощью радиовысотомера они зарегистрировали понижение уровня океана, причем в точном соответствии с уклонами дна возле острова Пуэрто-Рико. Выходит, существует прочная связь между изменениями уровня океана и рельефом дна. Вывод крайне интересный и многообещающий для ученых. Однако никакой мистики здесь нет. Давно известно, что благодаря вариациям ускорения силы тяжести поверхность океана может существенно отклоняться от формы идеального геоида. Эти отклонения находятся в гравитационном равновесии. Поэтому вода не может с бешеной скоростью устремляться в «низины» океана, образуя, как писали иные авторы сенсаций, чудовищные водовороты на гибель мореходам. К тому же уклоны поверхности, связанные с отклонениями уровня океана, очень малы — не более десяти метров на сто километров расстояния. Конечно, вряд ли такую крутизну поверхности можно разглядеть с орбиты. Колебания уровня вызывают, правда, еще и морские течения, но они по своей величине и того меньше.

Ну и, казалось бы, «бермудская» тайна здравым размышлением ученых разгадана... Однако можно себе представить удивление океанологов, когда экипажи некоторых экспедиций передавали с борта «Салюта-6», что они своими глазами видят иногда в океане высокие водные «валы» и «своды», глубокие «ложбины».

Вот тебе и конец загадкам с капризами океанской поверхности! Снова ученым есть над чем поразмыслить. Некоторые из них считают, что, как говорится, имели место какие-то неизвестные еще оптические эффекты. Как бы там ни было, необходимы серии фотоснимков, по которым удалось бы проследить движение и развитие непонятных явлений в океане. Добыть же такие сведения, очевидное дело, способны только космонавты. И они их добывают в каждом полете.

— «Протоны», просим вас по возможности считать океанские вихри в северном и южном полушариях, отмечать места их наибольшей повторяемости, следить за их перемещениями, — обращаются к экипажу с Земли.

— Хорошо. Водовороты в океане видны вполне отчетливо, — откликается В. Ляхов. — Но они неодинаковы. Какие вас больше интересуют?

— Нас все интересуют, все, — торопливо уточняет океанолог. — Попытайтесь определить, в какую сторону каждый вихрь закручен.

— Вас поняли. Будем докладывать по ходу работы, — отвечает В. Рюмин.

Такой разговор космонавтов с учеными сейчас не отдельный эпизод, а обычное, как мы говорим, штатное явление. Все чаще именно океанологи с нетерпеливой настойчивостью интересуются, скоро ли их будут включать в состав экипажей орбитальных комплексов. Они теперь уверены, что не за горами время, когда на околоземную орбиту поднимется международный океанологический патруль. Уже сегодня можно вполне конкретно представить круг задач, которые он будет успешно решать в изучении и освоении Мирового океана, его богатейших ресурсов на благо людей Земли.

## МОРСКИЕ ПУСТЫНИ И ОАЗИСЫ

Если бы человечество научилось предсказывать изменения климата и тем более управлять ими, многие важные экономические проблемы были бы решены раз и навсегда. Однако понять факторы его формирования и причины изменений не так-то просто. Дело в том, что сведения, которыми располагают ученые, пока еще отрывочны и скупы. «Белые пятна» в наблюдениях за атмосферой и Мировым океаном настолько обширны, что даже по поводу вопроса, что происходит с климатом за последние два десятилетия и каким он станет в недалеком будущем, разгорелась недавно горячая дискуссия. Одни ученые прогнозируют скорое наступление периода сильного похолодания. Другие, напротив, предсказывают потепление, которое будет сопровождаться таянием полярных льдов и резким повышением уровня океана.

Как видите, единого мнения у специалистов не сложилось. Достоверно известно, что за последние 10—20 лет средняя температура в северном полушарии изменилась мало. Вместе с тем заметно усилилась ее изменчивость: от месяца к месяцу, от года к году. Это очень существенно, ведь именно такое строптивое поведение температуры неблагоприятно сказывается на сельском хозяйстве, других отраслях народного хозяйства.

Климат и его изменения обусловлены сложным взаимодействием атмосферы, океана, льдов, снежного покрова и биосферы. Чтобы уяснить «механику» этого процесса, нужны систематические измерения огромного количества параметров: температуры, влажности, облачности и т. д., нужны подробные сведения о явлениях, происходящих на всем земном шаре. Естественно, что без использования космической техники выдвигать столь гигантски сложную задачу было бы чистым пустозвонством.

Погода, ее зависимость от океана сейчас на первом месте и у тех, кто занят морским промысловым хозяйством. Динамика океанских вод — это не только перенос тепла, но и перемещение растворенных или взвешенных в них питательных веществ. И здесь сплошь да рядом специалисты сталкиваются с загадками. Вот некоторые из них.

Прибрежные воды Перу, Юго-Западной и Северо-Западной Африки, Калифорнии, составляющие лишь 0,3 процента площади всех океанов и морей, дают почти треть мирового улова. Значит, продуктивность у этих побережий в сто раз больше, чем средняя.

С другой стороны, огромные пространства открытого океана в тропиках, где много света и тепла, безжизненны почти так же, как африканские пустыни. Напротив, моря в холодных приполярных областях богаты рыбой, там обитают самые крупные животные планеты — киты.

Как разрешить эти парадоксы океана? Откуда взялись акватории-пустыни и почему так изобилуют жизнью акватории-оазисы?

Оказалось, все дело в особенностях того тонкого слоя океанских вод, этой жидкой почвы, в которой фотосинтез — удивительная реакция, создающая из солнечных лучей, воды и углекислого газа органическое вещество, — творит первичную продукцию океанов. В обычной почве, скажем, в степи, все отмершие растения остаются и удобряют ее. За многие тысячелетия степь накопила метровые слои чернозема. В океане отмершие растения тонут, унося с собой на дно элементы, дающие жизнь. В итоге поверхностный слой скудеет с каждым урожаем. Неудивительно, что промысел основных видов рыб в традиционных районах лова близок или уже достиг предела допустимого.

Поисками новых районов рыбного промысла вот уже несколько лет заняты и космонавты. С борта орбитальных станций они ведут вполне регулярную промысловую разведку. Например, космонавты Л. Попов и В. Рюмин за свой 185-суточный полет по орбите около 200 раз передавали рыбакам координаты районов океана, богатых рыбой. Министерство рыбной промышленности в тесном сотрудничестве с экипажами станции «Салют-6» успешно осуществляют сейчас специальную программу. Цель ее — выяснить характерные признаки, которыми обладают, так сказать, «плодородные» участки океана. На обычной цветной пленке голубой цвет воды означает отсутствие хлорофилла и, следовательно, малую пищевую ценность района. Чем зеленее становится океан, тем больше его потенциальная продуктивность. Космонавты с орбиты вполне отчетливо это различают. Но вот где искать подобные поля?

Изучение состава и движения вод показало, что в океане не так уж редки вертикальные токи воды, которые выносят на дневной свет, сюда, где идет фотосинтез, необходимые для этого минеральные соли. Помните, те самые огромные океанские вихри-циклоны? Они оттягивают воду из центра к периферии, поднимая тем самым глубинные слои. Наблюдениями установлено, что в высоких широтах бродят целые хороводы таких вихрей. А в экваториальном поясе, наоборот, преобладают вихри-антициклоны. Они сгоняют воду к центру, отчего поверхностные слои уходят в пучину, ко дну, лишая океан животворной силы.

Воды вздымаются из глубин и в тех местах, где поверхность океана оказывается опущенной по сравнению со средним уровнем. Так возникает своеобразная долина. Обычно это происходит, когда какое-либо течение раздваивается. Или если воду постоянно сдувает в одном направлении неутомимый пассат. Именно такое происходит у берегов Перу, Северо- и Юго-Западной Африки.

Во все эти места, где океан поддерживает свое плодородие, и спешат промысловые суда — за рыбой, моллюсками. Спешат, получив радиограмму из космоса. Так изучение динамики океанских вод дает нам не только объяснение природы нашей планеты, но и приносит практические знания — где искать стада рыб.

## БЕЗЗАЩИТНЫЙ ИСПОЛИН

В одном из своих элегий народный поэт Дагестана Р. Гамзатов написал:

Космонавты мои, вам с орбиты,
Там, где высь, словно порох, черна,
Как озерные глуби, открыты
Океаны до самого дна.

Поэтический образ не так уж далек от реальности. Действительно, взгляд с орбиты вполне свободно достигает морского дна на мелководье, а порой, как уже говорилось, приобретает и загадочную «сверхпроницаемость». Наблюдения космонавтов, космическая фотосъемка прибрежных районов — так называемого континентального шельфа — стала чрезвычайно актуальной и важной. Ведь именно в последние годы геологи практического направления, те, кто ищет полезные ископаемые, взялись за освоение океанских запасов минерального сырья. Океан и здесь преподнес немало сюрпризов.

Начнем с наиболее «злободневных» ископаемых — нефти и газа. Уже сейчас, когда разведка только разворачивается, определено, что запасы «черного» и «голубого золота», хранящиеся в шельфе, вдвое превышают объемы материковых месторождений. Прибрежное мелководье осваивается так стремительно, что в наши дни из каждых пяти тонн нефти, поднятых из недр, одна добыта из-под воды. Океанская нефть уже в 1975 году приносила такой же доход, что и весь мировой морской транспорт.

У геологов почти не осталось сомнений, что шельфы содержат все разновидности руд, известные по материковым залежам. Ведь по своей природе шельф — тот же материк, лишь временно покрытый водой. Это особенно ясно видно с орбиты, стоит лишь посмотреть на космические снимки.

В сентябре 1973 года космонавты В. Лазарев и О. Макаров с борта корабля «Союз-12» впервые сфотографировали мелководные и прибрежные зоны Каспийского и Средиземного морей с помощью специальной так называемой многозональной камеры с шестью объективами. Через каждый объектив на особых пленках одновременно запечатлевалось изображение земной поверхности в разных диапазонах видимого и инфракрас-

ного спектров. Сопоставляя особенности всех шести кадров одного изображения, специалисты Института космических исследований АН СССР сумели определить рельеф морского дна, зоны распространения водорослей, степень загрязнения моря на различных глубинах. Таким же образом, но с использованием более совершенных фотосистем и средств анализа снимков сейчас планомерно исследуются из космоса шельфовые зоны Черного, Азовского, Каспийского, Аральского и Охотского морей. Теперь в руках геологов, отправляющихся на поиски подводных месторождений, имеются подробные карты мелководий, на которых нанесены ложбины и впадины, конусы речных выносов, подводная растительность, наконец, указаны наиболее вероятные районы находок.

Океан достаточно велик, чтобы из космоса мы увидели нашу планету голубой. От ударов его волн сотрясаются континенты — это чувствуют сейсмографы. Но океан беззащитен, как дитя, если оставить его один на один с отходами цивилизации.

Участники одной из океанографических экспедиций, работавшей в пустынном районе Тихого океана, вдали от берегов и морских путей, рассказывали, что они поминутно натыкались в воде на предметы отнюдь не морского происхождения. Взялись их считать. За восемь часов наблюдения им попались на глаза 53 пластмассовые банки и коробки. По оценке американских океанологов сейчас только в северной части Тихого океана плавает несколько миллионов пустых бутылок. А сколько же в океане всякого другого мусора!

Но и это все лишь мелочи. Главную опасность для жизни голубого исполина представляют промышленные отходы и нефть. Десятки, сотни тысяч тонн черной маслянистой жидкости вытекает в океан из чрева распоротых скалами супертанкеров, вырывается из шельфовых скважин. Еще больше нефти разливают по водной поверхности корабли и порты в совершенно, так сказать, «нормальных» условиях. Всего за год, как считают теперь, в океан попадает 5—6 миллионов тонн нефти, которая способна затянуть тонкой пленкой половину Атлантики и Ледовитого океана!

Многокилометровые радужные пятна, плывущие по океану, замечают сегодня не только морские путешественники. Они все чаще видны из космоса даже невооруженным глазом. Нефтяные загрязнения — враг но-

мер одни всей океанской жизни, потому что они губительны для зоопланктона и части микроводорослей. А они, как мы знаем, начало всех биологических цепей в подводном царстве. Молодняк всех видов морских организмов несет невосполнимый ущерб от соседства с «черным золотом».

Но это еще не все. Повсюду, где плавает нефтяная пленка, она сглаживает ту мелкую рябь, которая обычно исчезает с поверхности лишь в самый полный штиль. Кого, спрашивается, должна беспокоить судьба столь ничтожного волнения воды, способного воздействовать разве что на поплавок удочки?

Оказывается, всем нам небезразлична эта судьба. Дело в том, что поверхность воды, покрытая такой рябью, приблизительно в полтора раза больше, чем у воды, гладкой, как стекло. Другими словами, с беспокойной поверхности испаряется в атмосферу в полтора раза больше воды, а с нею и тепловой энергии. Мало того, пленка нефти, разделяя воду и воздух, еще в полтора раза снижает испарение. В итоге с загрязненной океанской поверхности воды испаряется в два-три раза меньше. А это значит, что гораздо меньше облаков поплывет от океанов к континентам, чтобы согреть над ними воздух, утолить жажду земли.

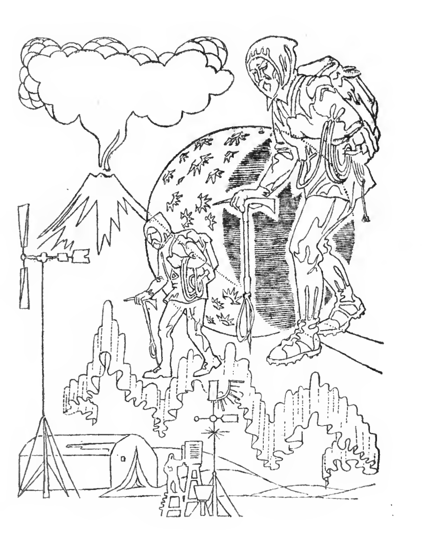
Вот почему расползающаяся по океанам нефть способна серьезно изменить климат. Не потому ли все чаще свирепствуют засухи то в Северо-Восточной Африке, то в Восточной Европе, то в Западной, то в Северной Америке? При этом надо иметь в виду, что могучий океан не способен справиться своими силами даже с каплей нефти. Его огромные размеры, его инертность приводят к тому, что он незаметно, но неуклонно накапливает загрязнения. Если вовремя не обнаружить тревожную ситуацию, то станет невозможным восстановить нарушенное равновесие. Поэтому сейчас защита океана — это прежде всего тщательная и скрупулезная оценка и контроль загрязнения его поверхности.

Достаточно эффективно проделать такую работу можно лишь с помощью космических средств. И она уже делается. На основе аэрокосмических методов съемки и исследований составлена, например, подробная карта источников загрязнения Каспийского моря, оценивается загрязненность воды его шельфовой зоны. Результаты этой важнейшей работы переданы в Комитет по охране природы для проведения систематического

контроля за объектами добычи нефти, ее транспортировки и переработки.

Космонавтика дала возможность охватить жизнь океана в целом, в ее глобальном размахе. И все же до сих пор во многих отношениях Мировой океан для нас «аква инкогнита» — «вода неизвестная». Впереди нас ждет еще немало загадок и открытий, трудностей и находок. Ширится фронт наступления науки, в которой заинтересованы все.

# МАТЕРИКИ ОКИДЫВАЯ ВЗГЛЯДОМ



«Пиркс прилип к окну. Уж очень захватывал момент, когда исчерченная линиями дорог и каналов, испещренная пятнами городов и поселков поверхность Земли словно очищалась от всяких следов человеческого присутствия... и взгляд, перебегая с черноты океаиов на материки, тщетно старался обнаружить хоть что-нибудь, созданное человеком. С расстояния в несколько сот километров Земля казалась пустой, ужасающе пустой, словно жизнь на ней только начинала зарождаться...»

Это отрывок из расказа Станислава Лема «Условный рефлекс». В нем, иаписанном в конце 50-х годов, знаменитый польский фантаст ошибся, и немудрено: тогда из космической дали Землю еще ие видел ни один человек.

На самом деле с высоты 300—400 километров наша планета совсем непохожа на мертвую, тем более на «ужасающе пустую». Напротив, результаты труда рук человеческих особенно хорошо видны именно из космического далека. На Земле мы привыкли к определенной широте своего видения, ограничеиной линией горизонта. В степи она дальше от нас, иа пересеченной местности — ближе, но и в том и другом случае до горизонта считанные километры. Из самолета видно уже иа несколько десятков километров вокруг. А из космоса?

Взгляд с орбиты раздвигается настолько, что теряет привычную земиую обыдениость, вызывает непередаваемое чувство удивления и восторга. К этому невозможно привыкнуть. Спросите у любого космонавта, и он подтвердит: увиденым восхищаешься и в первый, и в десятый, и в пятидесятый, и в стопятидесятый день полета. Да и как не удивляться, если в иллюминаторе под тобой Европа видна целиком: от Пиренеев до Англии, слева Балтийское море, а справа Чериое, после Каспийское, затем вся, чуть ие от истоков до устья Волга. Оглянешься назад — Европа уже исчезает за горизоитом, и вот под тобой Камчатка, Сахалин, Курилы... Пролетая над Америкой, в одном из иллюминаторов видишь ее берег, омываемый Атлантическим океаном, а в другом — Тихим.

Словом, смотреть с орбиты на Землю — заиятие очень приятное, может быть, даже самое приятное. Ведь каждый раз перед глазами открываются удивительные и неожиданные картины.

Во-первых, видишь, а не просто понимаешь, что Земля действительно шар. Конечно, не нужно думать, будто она предстает в иллюминаторе корабля, как полагают некоторые, в виде большого глобуса. Нет, но изогнутость земной поверхности на горизонте видна совершенно ясно.

Красиво выглядят ночью крупные города, на них словно наброшена паутина световых гирлянд. Зато днем города, особенно большие промышленные центры, теряют всю свою привлекательность. Они будто въелись в земную поверхность грязно-серыми пятнами, от которых тянутся в ту или иную сторону длинные, косматые хвосты дыма. Из других деталей хорошо различимы реки, средней величины озера, шоссейные и железнодорожные магистрали.

«Ну, это все, конечно, интересно видеть своими глазами, — скажет рачительный читатель. — А нельзя ли поконкретнее? Вот, скажем, отправился на орбиту очередной экипаж, космонавты провели наблюдения, а что дальше? Могут ли они сразу же сказать геологам: «Пожалуйста, вот здесь ищите нефть».

Почему-то подобный упрощенный подход к тому, что способен дать землянам космос, довольно распространен. Между прочим, это ведь все равно, что, не достроив еще завода, требовать от него прибыли. Виноваты здесь, наверное, слишком уж многообещающие прогнозы, сделанные в начале космического века. Но ведь их в какой-то мере можно оправдать. Первые же полеты спутников приносили любопытные для ученых сведения: по отклонениям орбит от расчетных оказалось возможным судить о характере пород, залегающих под поверхностью Земли. Например, в открытии двух крупных месторождений железной руды в Западной Сибири и в Бразилии большую роль приписывали спутникам, и никто этого не опровергал. Поэтому, видно, многие решили, что геологический поиск с орбиты — дело весьма заманчивое и не очень сложное. Стоит, мол, только подняться в космос, взглянуть на Землю, и сообщай, куда посылать транспорт за рудой, а куда за углем или нефтью.

Честно говоря, лет десять назад я и сам почти так же рассуждал. В книге «Угол атаки», рассказывая о своих впечатлениях от космического полета на корабле «Союз-3», я писал:

«А скорости, если не смотреть на Землю, так и не

чувствуешь. Но на Землю, конечно, смотришь во все глаза! Во-первых, интересно, во-вторых, работа.

Вот и тайга наша сибирская... Где-то бродят по ней, необъятной, сейчас геологи, ищут сибирскую нефть, уголь, руду... Кому-то повезет, а кто-то и с пустыми руками вернется. Сибирь хотя и не космос, а пешком и там много не выходишь...

А ведь скоро, подумалось мне, земную кору будут просвечивать, как металл рентгеном, с помощью электромагнитного излучения. И все полезные ископаемые как на ладони. Дело только за орбитальными станциями...»

Увы, геология не получила волшебной лампы Аладдина и не нашла магических заклинаний типа «Сезам, откройся!», чтобы кладовые земных недр распахнулись сами собой. И все же по фотоснимкам из космоса геологи уже сделали немало удивительных открытий. Причем там, где совсем этого не ожидали.

Информативная ценность любого снимка обычно зависит от количества различных на нем деталей. Чем больше подробностей на фотографии, тем она лучше и, казалось бы, ценнее для науки. Оказывается, не всегда. Хотя отдельного дерева с орбиты не различить, на космических снимках отчетливо проявляется то, что никакими другими способами обнаружить невозможно. В кадре, запечатлевшем площадь земной поверхности, по территории равную всей Западной Европе или Индии, опытный глаз способен выделить главные черты строения земной коры в этом регионе. И здесь отсутствие деталей, которые обычно маскируют крупные геологические объекты, лишь способствует делу.

Космическая высота позволяет как бы связать воедино отдельные кажущиеся независимыми, но лишь разрозненные удалением детали строения местности. Возникает новое, целостное изображение. На снимках из космоса сквозь толщу поздних отложений, словно просвеченные рентгеном, проступают глубокие слои твердой оболочки. Именно «взгляд с орбиты» позволил прийти к выводу, например, о том, что Уральские горы заканчиваются на юге вовсе не там, где мы привыкли это видеть на картах. Теперь геологи с полным основанием утверждают, что подвижная зона смятия и разломов Уральской складчатой системы простирается через пустыни Средней Азии вплоть до Персидского залива.

Невероятно, но факт: чем выше поднимается точка

наблюдения, тем глубже просматривается строение Земли. Вот уж, действительно, как сказал поэт: «Лицом к лицу лица не увидать». «Лицом к лицу» с Землей мы, наверное, никогда не узнали бы много такого о нашей планете, чего не знать нам уже нельзя.

Полностью объяснить такой эффект ученые пока не в состоянии, как не могут до сих пор ответить на вопрос, почему на снимках из космоса яркость отдельных участков поверхности зависит от толщины укрывающего рыхлого покрова. Правда, временное, надо полагать, отсутствие научных объяснений не мешает геологам пользоваться своего рода космическим «рентгеном» в практических целях.

Итак, космические снимки открыли для геологов возможность изучать нашу Землю не только в плане, но и «в разрезе». Кстати, с помощью наземной разведки и даже аэрофотосъемки это сделать очень трудно, почти невозможно. По редким выходам на поверхность коренных пород да по отдельным образцам наносов нелегко представить, что творится в недоступных глазу глубинах земных недр. Геологи со своими молотками и набитыми камнями рюкзаками исходили всю страну вдоль и поперек, но, несмотря на такую колоссальную работу на геологической карте Советского Союза, самой новой из существующих, не оказалось очень многих важных элементов глубинного строения Земли — разломов коры, тектонических швов, кольцевых структур. Между тем как раз с этими образованиями тесно связаны источники землетрясений, месторождения различных полезных ископаемых.

Только на космических снимках впервые увидели геологи, что Средняя Азия и Кавказ, например, рассечены крупными, протяженностью не в одну тысячу километров тектоническими швами. На них «наложились» практически все известные в этих районах нефтегазовые месторождения, включая и Бакинский бассейн. Как видите, разломы удалось обнаружить гораздо позже, чем месторождения. А если бы наоборот? Тогда бы не пришлось, наверное, потратить столько сил и средств, чтобы отыскать, скажем, знаменитое Самотлорское нефтяное месторождение в Западной Сибири. Сейчас-то ясно видно, что «лежит» оно на пересечении разломов, тоже ранее неизвестных.

Сличая карты открытых полезных ископаемых с тектоническими схемами, построенными на основе косми-

ческих снимков, геологи с изумлением обнаружили немало других любопытных совпадений. Так, известные места добычи металлических руд большей частью оказались в точках пересечения разломов. Угольные месторождения «обосновались» возле гигантских глубинных трещин.

Из космических снимков сегодня вырастают карты. Такова, например, «Космотектоническая карта Восточно-Европейской платформы». Она уже передана во Всесоюзные геологические фонды, теперь ею может пользоваться любой геолог. И каждый найдет в ней немало полезного. Из этой карты, в частности, видно, что один из самых глубоких прогибов платформы находится у северных берегов Каспия. В глубине осадочных пород прячутся здесь нефть и газ. Это известно было и до составления карты. Не знали другого: знаменитая Прикаспийская впадина почти в два раза больше, чем считали до сих пор. Оказалось, тянется она на север еще почти на тысячу километров до самой Камы-реки. Не знали и того, что четко выделяющиеся на космических снимках подземные соляные купола (а в них часто скапливаются нефть и газ) не хаотически разбросаны по всей площади впадины, а расположены в определенном порядке. И тогда на карте появились условные знаки, обозначающие новые площади, перспективные для поисков «черного золота». В числе других подобных районов космическая карта указала на Витебскую и Смоленскую области, Печорскую впадину в Коми АССР. И что же? Недавно во всех этих трех районах добыли первые тонны нефти. Космические геологи доказали, что они ставят значки не на пустых местах.

Порадовала карта и тех, кто трудится над освоением Курской магнитной аномалии. Открытые залежи железной руды обозначены на ней двумя замкнутыми контурами восточнее и западнее Курска. Разведка из космоса обнаружила новый район, перспективный для поиска руды. Он в несколько раз превосходит по площади тот и другой старые, вместе взятые.

Европейская карта далеко не единственная в своем роде. По данным космических съемок не так давно была составлена и удостоена золотой медали ВДНХ СССР геологическая карта Западной Сибири. Готовятся к выходу в практику и многие другие.

Работу советских геологов и космонавтов высоко

ценят и за рубежом. Болгарские геологи в содружестве с советскими специалистами составили тектоническую карту своей страны. Сначала они тщательно изучили космические снимки, полученные с борта «Салюта-4». Затем провели серию экспериментов на самолете — летающей лаборатории. С ее борта велась съемка полигонов — своеобразных эталонов природы Болгарии. И родилась «космическая» карта Болгарии.

«Мы обнаружили нарушения земной коры, о которых раньше не подозревали, — говорил мне И. Кынев, заместитель министра металлургии и минеральных ресурсов Болгарии. — Кстати, наши медные месторождения находятся там, где перекрещиваются разломы или вблизи них. А эти структуры хорошо различимы на космических снимках. Теперь мы требуем, чтобы у каждого геолога, идущего в поле на разведку, был дешифрованный снимок района, сделанный из космоса».

Не правда ли, необычное указание? Но я думаю, необычным оно кажется только сегодня. Завтра это станет обычным, а послезавтра привычным. Ведь привыкли же мы всего за какой-то десяток лет и к космическим стартам, и к снимкам с орбиты. Нисколько не сомневаюсь поэтому, что космические карты появятся на вооружении, если уже не появились, пока издается эта книга, у геологов ГДР и Польши, Кубы и Монголии, других стран социалистического содружества. В рамках программы «Интеркосмос» ведутся обширные работы по исследованию природных ресурсов. Экипажи «Салюта-6», как основные, так и международные, успешно провели сложнейшие эксперименты, задуманные учеными и специалистами братских стран.

И все же наивно было бы думать, что из космоса можно непосредственно открывать залежи полезных ископаемых. Речь можно вести о другом. С орбиты удается обнаруживать геологические структуры, в которых возможны месторождения. Съемка из космоса помогает лучше понять закономерности и особенности строения земной коры и, как следствие, размещение нужных человеку подземных кладов Земли. А это означает, что можно сократить сроки поиска полезных ископаемых. Между тем подсчитано, что ускорение темпов геологоразведки на пять процентов в поиске нефти и газа дает выигрыш почти двух миллиардов рублей.

На этой же космотектонической карте Восточно-Европейской платформы отражены многие ранее неиз-

вестные особенности структуры этой части земной оболочки. Уточнились и очертания самой платформы. Ее граница отодвинулась на 200 километров по сравнению с нанесенной на прежние карты. Именно приграничные районы и преподнесли геологам очередные сюрпризы. Здесь в фундаменте платформы выявились гигантские складчатые зоны, прогибы, своды, кольцевые структуры, о которых раньше и не подозревали.

Многие взаимосвязи между строением земной коры и поиском полезных ископаемых еще только нащупываются, и порой открываются удивительные вещи. Казалось бы, что общего, скажем, между изменчивой атмосферой и твердью Земли? Но вот благодаря съемкам из космоса обнаружилось поразительное явление: довольно часто облака рождаются и вытягиваются вдоль крупных разломов земной коры. Причем облачный покров «проявляет» зону разломов в ряде случаев, когда она не видна на поверхности. И выходит, что по характеру облачного покрова можно судить о геологической структуре. Пока такого рода предположения выглядят крамолой и для геологов, и для метеорологов. Впрочем, еще совсем недавно многие геологи с недоверием встречали сообщения, что из космоса видны проступающие на поверхности Земли какие-то загадочные кольцевые структуры.

В это действительно трудно было поверить. Ведь до космических съемок никто не мог себе представить подобных огромных овалов, окружностей, дуг, вдруг проступивших из-под крова лесов и складок гор. А таинственные круги достигали нескольких сотен километров в диаметре. Наземные изыскания ясности не внесли. Но снимки с орбиты вновь и вновь подтверждали существование непонятных кольцевых структур. В их реальности уже перестали сомневаться, спорят лишь об их природе и происхождении.

Поначалу решили, что это следы метеоритных кратеров. Однако странные кольца обладали удивительной особенностью. Они угадывались сквозь сплошную тайгу и барханы пустынь, пересекали водоразделы и горные цепи. А это значит, что обнаруженные кольцевые структуры лежат гораздо глубже внешних слоев коры, смявшихся в складки или расколовшихся на гигантские плиты. Сейчас специалисты полагают, что многие кольцевые структуры — отражение разломов, погребенных в нижних слоях оболочки. В центральных частях некото-

рых из них геологи находили древнейшие на Земле породы, время образования которых приближается к возрасту нашей планеты. Они оказались сходными по составу с базальтами лунных морей. Здесь же геологи встречали и массивы анортозитов — породы, напоминающие те, которые слагают материковые районы Луны. Круги и кольца — преобладающая форма лунного рельефа. К тому же моря на Луне, как и соизмеримые с ними земные кольцевые структуры, созданы за счет опускания коры. Так родилась гипотеза о самой ранней, «лунной» стадии развития Земли.

Более 4,5 миллиарда лет назад Земля была похожа на большую Луну. Из недр к поверхности планеты поднимались огнедышащие потоки магмы. Застывая, они превращались в породы так называемого основного состава. А вокруг этих выступов образовывались ослабленные зоны повышенной проницаемости. Между прочим, именно поэтому кольцевые разломы и просматриваются до сих пор. Ведь там, под земной корой, и сейчас продолжаются процессы радиоактивного распада с выделением огромного количества тепла. Естественно, что подниматься ему легче всего по следам прорыва расплавленных масс.

Так ли обстоит дело, ученые пока уверенно сказать не решаются. Но уже есть некоторые факты, подтверждающие эти предположения. Например, некоторые кольцевые структуры в Казахстане совпадают с тепловыми аномалиями. Уже пишут, что кольцевые разломы должны играть важную роль в размещении месторждений редкоземельных металлов в Центральном Казахстане, в прогнозировании скрытых залежей полезных ископаемых. Уже замечено, что алмазные кимберлиты и фосфорные руды попадаются в центрах овалов, а слюда, например, на периферии. Некоторые залежи коксующихся углей найдены в местах контакта различных кольцевых структур между собой. Такой уголь образуется лишь при длительном нагревании. А если какой-либо участок поверхности постоянно подогревается, то и грунты и растительность на нем будут, хоть ненамного, да отличаться от окружающих. Вот вам и видимые признаки. Видимые, обратите внимание, только из космоса.

Когда-то в стародавние времена, как рассказывали мне земляки, в нашем шахтерском краю были такие редкие специалисты, которые по одним им известным

признакам на поверхности земли определяли, где находятся залежи угля. Называли их штайгерами. Ходили они по степи, по оврагам и балкам, приглядывались к растительности, ее сочетанию, принюхивались к аромату цветов — и, на тебе, предсказывали: вот здесь ищите бурый уголь, а там должен быть антрацит. Колдовство, да и только!

Однако ничего сверхъестественного в искусстве штайгеров не было. Они действовали, так сказать, эмпирически, ориентировались по приметам и признакам, опирались на интуицию и личный опыт, которые накапливались десятилетиями. Не слишком прочные основы, прямо скажем, а вот поди же ты, говорят, не так уж часто и ошибались в поисках подземных кладов кудесники-штайгеры.

В чем-то сходные задачи решают сейчас и космические геологи. Они учатся распознавать по характерным признакам земной поверхности месторождения полезных ископаемых. Но только, конечно, не по наитию, а во всеоружии современных достижений науки и техники. Теперь, прежде чем подняться в космос, экипажи отправляются в те районы страны, которые им предстоит изучать с орбиты. В каждом из них проводятся тщательные научные исследования не только наземные, но и с самолетов. В итоге работа идет сразу на трех уровиях — земном, небесном и космическом. Иногда это происходит одновременно.

Шестьдесят третий виток вокруг планеты завершил «Союз-22».

— Байкал под нами, — передал В. Быковский, командир экипажа.

— Камера работает? — спросила Земля.

— Да, все нормально, — вышел на связь бортинженер В. Аксенов. — Съемка идет без замечаний.. Красота-то какая! Байкал какой-то особенный, даже вода по цвету ни с чем не сравнимая.

— Подходим к берегу, — сообщил командир, — горы, река...

Несколько раз фотографировали из космоса «Байкальский научный полигон» — само озеро, окружающие его горы, леса. В то же самое время специалисты разных отраслей народного хозяйства — геологи, гидрологи, географы, лесоводы, геофизики — работали на Земле. Они тщательно изучали неповторимое творение природы — Байкал. Рационально использо-



вать богатства этого края, сохранить озеро для потомков, ну и, конечно, еще раз проконтролировать, как соблюдают промышленные предприятия охранный режим этого уникального внутреннего моря, — таковы были задачи, поставленные перед космонавтами и десятками их товарищей, работающими по одной с ними программе на Земле.

Уходили на орбиту другие космонавты, а на научные полигоны в Фергану и на Каспий, на Северный Урал и Камчатку, к Курску и в Западную Сибирь выезжали экспедиции для совместных исследований. Около пятидесяти таких полигонов существует в стране. Каждый из них — это своеобразный эталон природы нашей Родины. К примеру, «Лесной полигон» — в Сибири, «Сельскохозяйственный полигон», типичный для средней полосы России, — в районе Курска, а «Ледниковый», конечно же, на Памире.

## СНЕЖНАЯ ШАПКА КИЛИМАНДЖАРО И НУРЕКСКАЯ ГЭС

Отношение к Памиру у космонавтов особое. У всех. Каждая экспедиция на «Салюте-6» непременно проводила наблюдения «Крыши мира», фотографировала ледники и озера, ущелья и горные цепи. Спросите у любого из работавших на «Салюте-6» космонавта, и он сможет по памяти начертить вам схему Памира — все его ледники, хребты, горные пики. Готовясь к полетам, они детально изучали все с самолета. Я часто вспоминаю, как необыкновенно красив Памир вечером. Вершины гор подсвечены Солнцем. Все ледники и снежники выглядят очень рельефно...

Известно, как важны исследования из космоса этих районов нашей Родины. Здесь бурно развивается промышленность и строительство, здесь сосредоточены богатейшие природные ресурсы, здесь находятся огромные хранилища пресной воды — Памирское ледяное плато и знаменитый ледник Федченко. Крупнейшие реки берут в горах начало и несут жизнь в долины, где раскинулись сады и хлопковые поля.

В одной из поездок на Памир космонавты побывали на строительстве Нурекской ГЭС. Выступая перед рабочими на митинге, Г. Гречко сказал: «Теперь прослежу из космоса за вашей стройкой, за снежно-ледовой обстановкой в вашем районе». Вскоре он вместе с Ю. Ро-

маненко за 96 суток на борту «Салюта-6» провел серию исследований снежно-ледового покрова планеты. Добавлю, что по просьбе ЮНЕСКО наши ученые приступили к составлению «Атласа снежно-ледовых ресурсов Земли». Просьба вполне понятная, ведь у гляциологов — ученых, изучающих ледники, — до недавнего времени не было такой великолепной наблюдательной вышки, как советская орбитальная пилотируемая станция «Салют-6». На Земле же очень много горных районов, где практически невозможно организовать постоянное наблюдение за ледниками, их поведением.

А за ледниками нужен, как говорится, глаз да глаз. Они занимают сейчас примерно 16 миллионов квадратных километров, то есть более 10 процентов суши. Во-первых, это гигантское хранилище пресной воды, которой так не хватает во многих районах планеты. Если подсчитать запасы пресной воды на земном шаре, утверждает член-корреспондент АН СССР Г. Авсюк, то окажется, что в Антарктиде содержится в виде льда приблизительно 60 процентов. Столько воды переносят все реки мира за 700 (!) лет.

Случись потепление в масштабе всей Земли, о котором поговаривают ныне ученые, и водный баланс нашей планеты изменится коренным образом, уровень Мирового океана поднимется. Растает, допустим, Антарктида — что станет со странами на измененных побережьях? Под водой могут оказаться Великобритания, Голландия, Венеция. Словом, бед не оберешься. Вот какую огромную роль играют ледники, эти колоссальные природные кладовые законсервированной воды.

Все ледники, несмотря на их кажущуюся неподвижность, перемещаются, причем горные несколько быстрее. Ледник Федченко, например, один из самых подвижных. Некоторые его части «ползут» со скоростью нескольких сотен метров в год. Громадные шапки полярных ледников движутся медленнее, но, обладая гораздо большей массой, как бы выпахивают свое ложе. Ландшафты Карелии, Финляндии, Скандинавии сохранили следы движения ледников.

Между тем в горных районах строятся различные сооружения, и гляциологи должны дать ответ: не будут ли воздвигнутые в ущельях плотины, расположенные на склонах гор предприятия и поселки атакованы снежными лавинами или глыбами льда? Особенно опасны так называемые «пульсирующие ледники». Это они за-

громождают ущелья, а затем, размытые водами, обрушивают в долины грязекаменные потоки — сели, которые способны резко поднять уровень горных рек, вызвать опустошающие наводнения.

У нас в стране существует особая служба, которая постоянно следит за жизнью ледников. Работают специальные станции, уходят в горы экспедиции, организовано каждодневное наблюдение за льдами, прогнозируется «пульсация» их «языков». И теперь эта служба считает космонавтов, работающих на орбите, своими полноправными сотрудниками.

«Ледники видны отлично, — доносится с орбиты. — На фоне буро-красной поверхности они кажутся белыми шапками, надетыми на исполинов... Наблюдали белую шапку Килиманджаро. Данные занесли в бортжурнал».

Ну а при чем здесь Килиманджаро? — спросите вы. Снеговая вершина этого вулкана измерена уже вдоль и поперек, сотни экспедиций исследовали там каждый квадратный метр поверхности. Зачем экипажу «Салюта-6» изучать то, что и так хорошо известно?

Килиманджаро — своеобразный эталон для космонавтов. Очень важно сравнить результаты земных измерений с данными, получаемыми из космоса. Только тогда можно уверенно пользоваться наблюдениями с орбиты для точной оценки снежно-ледовой обстановки в районе, скажем, Нурекской ГЭС, оперативно по космическим данным прогнозировать поведение ледников Памира, узнать, сколько воды с них стекает.

Вода испокон веков определяла облик Средней Азии. Сегодня от ее количества зависит вся хозяйственная деятельность в этом районе. А воду этим засушливым равнинам дают в основном ледники и снежники Памира и Тянь-Шаня.

...Станция «Салют-6» выходила из тени над джунглями Амазонки. Космонавты Л. Попов и В. Рюмин заспешили на рабочее место в переходном отсеке. За полчаса им нужно точно сориентировать орбитальный комплекс в заданное положение и разместить возле иллюминаторов бортовой журнал с заданиями гляциологов, фотоаппараты, бинокли, карты. Теперь только успевай поворачиваться. Всего около одной минуты длится полет станции над Памиром. За это время космонавтам нужно опознать участок местности, «привязать» его к карте, по характерным ориентирам найти заданный лед-

ник, осмотреть его, как просят гляциологи, и провести фотосъемку. Согласитесь, непростая работа.

Между тем для надежного прогнозирования речного стока необходимо постоянно следить за состоянием десятков тысяч (!) ледников. Управиться с подобной задачей можно лишь с помощью наблюдений из космоса. Никакие другие способы, включая аэрофотосъемку, сеть гидрологических постов и метеостанций, не в состоянии обеспечить требуемую эффективность. Сейчас гидрологи измеряют снегозапасы и сток с ледников лишь на нескольких, так называемых ключевых участках гор. Затем результаты этих измерений осредняются на всю территорию Памира. Получается весьма приблизительный итог. Такая точность сегодня уже не устраивает народное хозяйство.

Запасы льда в горах нашей страны огромны. Только в ледниках Памиро-Алая, по оценке члена-корреспондента АН СССР В. Котлякова, составляют около 1240 кубических километров воды, причем химически и бактериологически чистой. К тому же ледники очень удобные регуляторы стока. В жаркие засушливые периоды года водоотдача с них возрастает. Летом поля Средней Азии наполовину орошаются ледниковыми водами. Значительную прибавку к ним дают снежники высоких гор.

...«Салют-6» пролетает уже над долиной Вахша. Вот оно, голубое пятно водохранилища Нурекской ГЭС. Л. Попов и В. Рюмин, как и их предшественники на борту станции, держат свое обещание — следить за снежно-ледовой обстановкой, помогать в прогнозировании наполнения водохранилища. Дело в том, что сельское хозяйство нуждается в увеличении водосброса через плотину, а промышленность заинтересована в повышении выработки электроэнергии и, значит, в подъеме уровня воды. Чтобы найти рациональное сочетание, надо точно знать, сколько поступит воды с ледника. Вот почему в конце лета, когда ледники Памира максимально обнажены от сезонного снега и интенсивно тают, наблюдения космонавтов с борта «Салюта-6» особенно важны и ценны.

Четыре длительные экспедиции орбитальной станции «Салют-6» выявили многие очень важные особенности наблюдения за снежными покровами гор и льдами. Совместный труд космонавтов и ученых-гляциологов позволил провести классификацию активных ледников

Памира. К тем из них, что расположены в бассейне реки Вахш, у проектировщиков и строителей Нурекской ГЭС особое внимание. Здесь бывали случаи, когда напорные озера за плотинами из-за сползания ледников внезапно опорожнялись, вызывая катастрофические паводки в долинах.

Между прочим, такая, казалось бы, частная, локальная задача, как оценка стока воды с ледников, выходит, по сегодняшнему мнению ученых, на одну из самых интересных проблем в современной науке о Земле. Этот сток, оказывается, отражает изменения климата нашей планеты и, что еще важнее, помогает понять, в какой мере сами ледники, вся ледовая оболочка планеты влияют на изменение земного климата.

Действительно, атмосфера получает основную массу тепла в экваториальных и тропических областях. Затем это тепло расходуется территориями полярных районов, покрытыми льдом и снегом. Ведь у снега очень высокая отражательная способность. Этот круговорот тепла и определяет движение воздушных масс. Таким образом, большие ледники, ледниковые покровы полярных областей не только реагируют на изменения климата, но и сами влияют на климат.

Ну а как же скажется влияние ледниковой оболочки Земли на климат в ближайшем будущем? Многие климатологи предполагают, что в первой четверти следующего века средняя температура воздуха возрастет на два градуса. Это возможно, считают они, как за счет естественного хода температуры, так и по причине растущего накопления углекислого газа в атмосфере, обусловленного существующими способами получения энергии. Между тем глобальное потепление на два градуса вызовет гораздо больший рост температуры в полярных широтах — до десяти градусов на восьмидесятых параллелях. Что же будет, скажем, с Антарктидой, если там потеплеет?

По мнению ученых, более или менее существенное изменение температуры способно вызвать там ледниковый паводок, то есть выброс в океан огромных масс льда. При этом за считанные годы уровень океана поднимется на пять-шесть метров. Возникнет угроза для всех портовых городов мира. По счастью, она пока гипотетическая. Тем не менее некоторые гляциологи настаивают, что уже в наши дни, когда проектируются дамбы для защиты портов от наводнений, следовало бы

учитывать подобное, на их взгляд, вполне возможное повышение уровня океана. И уж во всяком случае, надо тщательно изучать и следить за состоянием ледяной крыши планеты, чтобы вовремя предсказать опасность ее распада.

На природу, на климат оказывают влияние многие самые разные факторы как естественного происхождения, так и связанные с хозяйственной деятельностью людей. Но до сих пор не удавалось достаточно уверенно отличать одно от другого. А ведь пока мы не научимся их различать, все рассуждения об охране природы останутся разговорами. Найти методы, приборы, способные отделить искусственное влияние от естественного, — одна из главных проблем гидрометеорологии, и решать ее без участия космических средств практически невозможно.

## НА ОРБИТЕ ЛЕСНОЙ ПАТРУЛЬ

— Вы любите Землю? — вот вопрос, на который, по-моему, почти немыслимо получить отрицательный ответ. Земля — родина, земля отцов и дедов. На ней стоят наши жилища, по ней ступаем мы ежедневно, ежечасно, пока живы, пока есть она, наша планета, колыбель человечества. Да, колыбель, в которой мы, многоумные, познавшие великие тайны чисел, расчетов, формул, преодолевшие ее притяжение, даже ступившие на лунный берег, остаемся все же ее детьми. Как не любить ее, Землю, которая дает нам хлеб наш насущный и силой своих лесов и рек до сих пор оберегает наши труды и урожаи!

«Леса украшают землю... они учат человека понимать прекрасное и внушают ему величавое настроение. Леса смягчают суровый климат...» Эти мысли чеховского героя доктора Астрова из пьесы «Дядя Ваня», поэтично-емкие и точные, я думаю, разделяют все.

Особую роль лесных массивов в жизни человечества люди, наверное, сначала почувствовали сердцем, а потом уже глубоко поняли разумом. Леса занимают меньше десятой доли площади земной поверхности, около 40 миллионов квадратных километров. В то же время именно они оказывают могучее воздействие на ход всех природных процессов. Их «успокаивающее» влияние проявляется повсеместно, во взаимоотношениях всех

земных сфер — воздуха, воды, земной тверди и живого мира. Вспомним еще, что лес — это фабрики кислорода для планеты, ее легкие, как иногда говорят. Не трогать бы его совсем!

Нет, не сможем. Для этого пришлось бы, наверное, нам вернуться в первобытное состояние. По подсчетам ученых, каждый человек расходует за свою жизнь 100 кубометров древесины. Это и лесоматериалы для строительства, мебель, бумага и многое другое, вплоть до лекарственных растений. Слишком велики наши потребности.

Правда, у нас в стране и лесов немало. Ими покрыта чуть не половина территории Советского Союза — 7,9 миллиона квадратных километров. Однако не будем обольщаться огромными числами и считать, что лесные наши богатства безграничны. Конечно, лесные ресурсы в отличие от запасов нефти или каменного угля, руд или минерального сырья возобновляются: на месте срубленного вырастает новый лес. Но, во-первых, вырастает очень не скоро. Сосняки или ельники считаются спелыми, годными к рубке лишь к 80—100 годам. Во-вторых, сам собой вырастает лес далеко не всегда. А если и вырастает, то на месте наиболее ценных в хозяйстве хвойных пород поднимаются обычно лиственные — береза, осина, ольха.

Как всякий живой организм, лес постоянно меняется: растет, стареет, обновляется. Его подстерегают болезни и вредители, стихийные бедствия, его нещадно вырубают на больших площадях. Как уследить за всеми этими напастями на неохватных просторах лесных угодий? Как предупредить неразумное хозяйствование, обеспечить, говоря словами «Основ лесного законодательства Союза ССР и союзных республик», непрерывное, неистощительное и рациональное пользование лесом для планомерного удовлетворения потребностей народного хозяйства и населения в древесине и другой продукции? Космический обзор здесь незаменим.

«Вижу лесной пожар!» — такое сообщение иногда поступает с орбиты в первые же сутки полета. Главный враг леса обнаруживает себя дымными шлейфами над Африкой и Канадой, над Южной Америкой и нашей тайгой. Поначалу это кажется неожиданным. Как и большинство непосвященных, я, например, полагал, что лесные пожары случаются довольно редко. Увы, гораздо чаще, чем можно себе представить на Земле. А ведь

с орбиты уверенно обнаруживается горящий лес, когда площадь огня уже превышает сто гектаров. Менее обширные очаги удается увидать лишь в том случае, если они уж очень сильно дымят. Поэтому, кстати, космическая информация не может полностью заменить сведения, которые добывает существующая авиапатрульная служба лесной охраны. Тем не менее едва ли не первым, кто реально ощутил практическую отдачу космических средств наблюдения, были лесные пожарные. Ежедневно передаваемые по телевизионному каналу со спутников «Метеор» снимки земной поверхности они тут же с успехом использовали для выявления лесных пожаров. Мелкий масштаб изображения 1 : 7 500 000 и 1 : 12 000 000 дает охват громадных залесенных территорий, а длина и ширина шлейфа дыма, его оптическая плотность на снимке зависят от площади и силы пожара.

Вот, к примеру, как выглядит описание снимка, запечатлевшего многим, наверное, памятные крупные пожары в начале 70-х годов на территории Русской платформы. «...Все очаги пожаров располагаются цепочкой, вытянутой от Рязани до Чебоксар на протяжении около 500 километров вдоль большой дуги, естественного рубежа, образованного долинами рек Оки и Волги. Пожарами охвачены болота и леса вдоль левобережья Оки и правобережья Волги, выше устья Оки вдоль границы лесной и лесостепной (леса которой в значительной степени вырублены) зон. Дымовые шлейфы от отдельных очагов пожаров протягиваются на расстояние от 150 до 500 километров: они отчетливо заметны на снимке в виде очень светлых языков шириной не менее 10—15 километров. Затем дымы от пожаров сливаются вместе, образуя обширное дымовое облако...»

Дальнейшие наблюдения из космоса показали, что гигантский дымовой шлейф шириной 100—300 километров вытянулся на шесть тысяч километров. Он расположился вдоль Уральского хребта, обошел с севера возвышенности Центрального Казахстана, а его боковой язык «проследовал» от Целинограда на юго-запад. Так «взгляд» из космоса позволил оценить истинные масштабы этих пожарищ, характер распространения загрязнений атмосферы в пределах целых регионов.

Наверное, вполне очевидно, что регулярный космический дозор для служб противопожарной охраны лесов

незаменим. Ведь он дает возможность не только вовремя заметить следы огня среди деревьев, но и установить границу зоны задымления, следить за развитием пожара, за прохождением над горячим районом теплых и холодных атмосферных фронтов. Все это в конечном итоге помогает выбрать правильную стратегию и тактику подавления огня. Больше того, как показывает опыт, с помощью космических наблюдений удается прогнозировать места возможных лесных пожаров. Наиболее часты они после прохождения фронтальных гроз. Верный признак такой опасности — кучевая облачность, имеющая большую продольную мощность и солидные поперечные размеры. Между прочим, этого потенциального врага леса оказалось возможным превратить в спасителя. Каким образом? А вот как.

В последние годы авиационная охрана лесов использует в борьбе с крупными пожарами дождь, искусственно вызванный над зоной огня. Для этого в верхней части мощного кучевого облака с самолета разбрасывается особое кристаллизирующее вещество. Оно приводит к быстрому росту кристалликов льда, которые затем при определенных условиях вызывают настоящий ливень. Эффективность подобного метода, разумеется, полностью зависит от того, появятся ли над пожаром мощные кучевые облака или нет. Обычными способами очень трудно уловить момент, когда они проходят над нужным местом. А вот на снимках, получаемых с орбиты по нескольку раз в день, вполне можно определить положение облаков, предсказать их движение.

Черно-белые и цветные фотоснимки, сделанные с борта пилотируемых кораблей и орбитальных станций, лесоустроители уже используют для выявления естественных преград огню, так сказать, опорных рубежей в борьбе с ним, для нанесения на карты гарей, для оценки повреждения деревьев, для контроля того, как зарастают выгоревшие участки леса.

Значительный ущерб лесам наносят различные вредители, болезни деревьев. Например, на Тихоокеанском побережье США короеды погубили, как сообщалось в печати, в 16 раз больше древесины, чем погибло ее от пожаров. Ну а чем здесь может помочь космонавтика? С орбиты, как ни покажется это странным, именно с заоблачных высот удается своевременно предупреждать лесников о грозящей деревьям опасности. На снимках из космоса специалисты сумели выделить, к примеру,


СССР

участки леса, где желтая сосна поражена насекомыми-вредителями, а где деревья были повалены ветром.

Выходит, на космических фотографиях запечатлено многое из того, чего не разглядишь простым глазом. Правда, речь идет не о любых фотографиях, а о многозональных.

### О ЧЕМ РАССКАЗЫВАЕТ КОСМИЧЕСКИЙ СНИМОК!

Передо мной лежат шесть кадров, на которых изображен один и тот же участок земной поверхности. Рядом обычная карта. На ней выделен этот самый район Байкал, дельта реки Селенги... Это снимки, полученные экипажем «Союза-22» с помощью фотокамеры МКФ-6, созданной специалистами СССР и ГДР.

— Нравятся снимки? — спрашивает, хитровато улыбаясь, Я. Зиман, заведующий отделом Института космических исследований АН СССР. — А теперь я вам покажу то, чего не видно на этих кадрах, если брать их по отдельности. Соединим для этого различные зоны съемок. Поможет нам здесь специальный прибор, который сделан вместе с камерой МКФ-6.

В лаборатории погас свет. И на большом экране возникли очертания гор, озера Байкала, реки. Фотография вдруг стала переливаться красками непривычно ярких и каких-то искусственных оттенков. Ясно видно, насколько прозрачна байкальская вода — ее цвет на экране хоть и меняется, становится то бледнее, то гуще, но он однороден. Только там, где впадает Селенга, светлые полосы. Это река выносит в озеро свои воды. Что в них? Ил? Песок? А может быть, это загрязнения? Специалистам следует разобраться, проверить.

На противоположном от дельты Селенги берегу озера разбросаны угловатые пятна полей ржи вокруг поселка. Озимые взошли. Но почему-то они окрашены в алый цвет. Внимательно присмотревшись, начинаешь различать оттенки. Чуть бледнее поле — значит, с озимыми не все благополучно, яркий цвет говорит, что всходы хорошие...

Вот лесной массив. Он похож на лоскутное одеяло: лиственные породы выглядят зелеными, а сосняк — красно-бурым. На обычной черно-белой фотографии сельскохозяйственные угодья практически все однотонные, а на этих снимках культуры отличаются по цвету

друг от друга. Больше того, одинаковые культуры, но в разной стадии созревания, имеют свои характерные цветовые оттенки. Что же это за снимки?

Начнем с того, что этот необычный метод фотосъемки называется многозональным, или многоспектральным. И суть его такова. Вспомните радугу, которая часто появляется в небе после грозы. Это не что иное, как солнечный свет, разложенный по спектру, — капельки дождя в воздухе исполняют роль призм. Известно, что лучи каждой из составляющих спектра по-разному отражаются от тех или иных объектов земной поверхности. Выбирая один какой-нибудь из участков или зон спектра, можно создать наиболее благоприятные условия съемки для определенного типа объектов или предметов. Например, все древесные породы хуже всего отражают лучи в оранжево-красной и синей зонах видимого спектра. В то же время объекты неживой природы такими свойствами не обладают. Или, скажем, в инфракрасной зоне лиственница, осина, береза выглядят ярче, чем ель или сосна. Вообще, большинство деревьев в этой зоне отражают в четыре-пять раз больше энергии, чем в видимой части спектра. Короче говоря, древесные породы, лесные ландшафты, подстилающая растительность очень неодинаково выглядят в различных зонах спектра. Поэтому, чтобы опознать их, необходим «перекрестный допрос», то есть съемка одних и тех же территорий в нескольких участках видимого диапазона. Так родилась идея многозонального фотографирования из космоса и начались эксперименты.

Первые опыты проводились у нас в стране на борту «Союза-12». Экипаж корабля — В. Лазарев и О. Макаров привезли с орбиты около сотни фотографий, сделанных в разных зонах спектра. Они наглядно показали, что такой метод съемки весьма эффективен для изучения растительности, почв, составления карт прибрежных шельфов, обнаружения загрязнений водоемов. Сразу же не преминули воспользоваться снимками с «Союза-12», чтобы уточнить рельеф и характер подводной растительности прибрежной и мелководной акватории северо-восточного побережья Каспийского моря, составить карту засоленности почв в районе полуострова Мангышлак и Бузачи.

Подробный анализ полученных материалов плюс результаты съемок с самолетов убедили: необходима надежная и современная фотокамера для широкого ис-

пользования в нуждах народного хозяйства. Советские специалисты вместе с коллегами из ГДР взялись за разработку такого космического фотоаппарата. Должен сказать, что наш «Зенит» или немецкая «Практика», которыми космонавты тоже пользуются в полетах, нельзя отнести даже к отдаленным родственникам многозональной камеры, хотя в ней есть и объективы и пленка. МКФ-6, так назвали новую фотоапаратуру, — это сложнейшая система, насыщенная электроникой. На ее разработку и изготовление ушло три года.

Прежде чем на народном предприятии ГДР «Карл Цейс Йена» появились первые детали будущей камеры МКФ-6, ученые и специалисты долгие месяцы спорили, искали, сомневались, чтобы прийти наконец к твердому заключению: система должна быть шестизональной. Почему именно шесть зон?

Ответ пришел после анализа спектральных характеристик почти двух тысяч видов наземных образований. Как выглядит зеленый лес или поле спелой пшеницы в разных зонах спектра? И что нужно практикам от этого снимка? Выяснилось, к примеру: если хотите определить влажность почвы, то съемку надо вести в инфракрасной зоне.

Так почти все типы земных объектов, запечатленных на пленку, прошли в лабораториях Института космических исследований Академии наук СССР спектральную «инвентаризацию». Только после этого конструкторам МКФ-6 дали окончательное задание: нужно шесть зон, тогда фотоснимки, сделанные с орбиты, будут полезны специалистам большинства отраслей народного хозяйства.

Ну а каким разрешением снимать? Иначе говоря, насколько подробно? В принципе можно добиться — современная техника это позволяет, — что на фотографии окажется вполне различим автомобиль и даже пешеход на улице. Но трудностей возникает тут превеликое множество. К тому же слишком большое количество деталей далеко не всегда достоинство: осложняется обработка снимков. Решили, что двадцать метров — такой минимальный размер различимых деталей в кадре — это наилучший вариант.

Космическое «крещение» новая фотокамера МКФ-6 получила в сентябре 1976 года. За несколько дней полета космонавты сделали и доставили на Землю более двух тысяч высококачественных снимков. Каждый из

них охватывает участок земной поверхности размером $165 \times 115$ километров, который запечатлен на шести кадрах различных зон спектра. Они-то и стали теми удивительными фотографиями, что оживали на экране многозонального синтезирующего проектора. Его назначение — соединять изображения зональных кадров в любых сочетаниях. При этом, конечно, нарушается нормальная цветопередача, ведь она используется лишь для увеличения контраста между объектами различной яркости. Вот почему картинка на экране проектора наливается красками самых неожиданных оттенков. Впрочем, на этом приборе без труда можно получать и цветные изображения, которые по качеству много лучше, чем обычные цветные фотоснимки.

Фотографий земной поверхности из космоса накопились уже многие тысячи. Число их растет и дальше. Но ведь надо разобрать, что на них изображено. Причем не в общих чертах, как на том проекторе из Института космических исследований, а конкретнее: необходимо точно знать, что именно на данном снимке изображено.

Разгадывать хитроумные картинки Земли помогает ЭВМ. Анализируя космический фотоснимок, ЭВМ обращает внимание в основном на яркость того или иного объекта, на его, как говорят специалисты, тоновую структуру. До геометрии объекта машине дела мало. По крайней мере, попытки научить современные ЭВМ распознавать образы, различать объекты по их очертаниям пока успешными не назовешь. Человек же как раз наоборот: хорошо оценивает очертания предметов. Здесь он дает своему электронному детищу сто очков вперед, но... белое от белого не отличит: глаз не способен уловить тонкие отличия в яркости. На фотографии облако и ледник перепутать легко. Правда, если сопоставить снимки, сделанные в разных зонах спектра, то распознать их вполне можно. Главное достоинство ЭВМ состоит в том, что она способна молниеносно сравнить шесть кадров и выявить итоговую информацию. Человеку такое не под силу.

Как же быть? Как соединить образное видение человека и аналитические способности ЭВМ, сопряженные с быстродействием?

Задача, конечно, очень непростая. Но пути ее решения уже наметились. В Институте космических исследований природных ресурсов Академии наук Азербайд-

жаиа мие показывали разработанный там оптнко-вычислительный комплекс «Паллада». Эта «Паллада» различает 256 уровией яркости — от самого белого до самого черного. Экоиомнческий эффект, который прннесет применение на практике подобных комплексов, очевиден уже сейчас. Налицо возможность оконтуривать сельскохозяйственные угодья и подсчитывать реальный урожай иа инх. Или, скажем, выявлять иефтяные пятна загрязнений в море. Машнна легко н быстро определит площадь пятиа, вычислит стонмость очнстных работ, а затем иерадивый капнтан судна получнт иск, иа котором рядом с обычнымн подпнсями ответственных лиц могут стоять неожндаиные пометкн: «Спутннк такой-то...», «ЭВМ такая-то...»

Совсем недалеко время, когда прнвычной станет такая картнна. Вот летит спутннк. Днем он делает снимок, допустим, какой-ннбудь областн, обрабатывает его с помощью бортовой ЭВМ н «сбрасывает» ннформацню на Землю. Здесь получеииые даниые закладывают в машнну, задают иужную программу. Через некоторое время появляется карта, где обозиачены граннцы участков, напрнмер, ячменя определениой зрелостн, участков с собранным нлн иесобранным хлопком. Рано утром карта в соответствущем мнинстерстве. Руководство получает самые свежие даиные, с помощью которых можно контролнровать ход сельскохозяйственных работ, своевремеино вмешаться, еслн что-то ндет не так. Правда, чтобы такая обратиая связь заработала, предстоит сделать иемало, ио мы должны иаучнться поннмать язык, на котором с иамн «разговарнвает» космос.

Всякую грамоту постигают с азов. От букв переходят к слогам, потом осваивают слова, и, наконец, становятся понятиыми целые фразы. В космнческом языке буквы — это яркостные характернстики наземных объектов. Онн зависят от многих факторов: временн дня, угла падення солиечиых лучей, состояння атмосферы; сухая почва и иасыщениая влагой отражают лучи по-разному, и так далее. Все параметры можно замерпть иа Земле. Это и будет своего рода «букварь» космнческой грамоты. В ием каждый тип наземиого иароднохозяйственного объекта — будь то виноградннк нли пшеинчиое поле, хлопковая плантация или сенокосный луг, солоичак нли лес — получат свой яркостиый «паспорт».

...Во дворе Института космическнх нсследоваинй

природных ресурсов Академии наук Азербайджана бакинцы часто видят автомобили-фургоны с броской надписью: «Природа». Они снабжены выдвижными телескопическими штангами наподобие тех, которые поднимают рабочих для ремонта городского освещения, развешивания праздничного убранства улиц и т. п. Только здесь вместо люльки на штанге укреплены приборы — спектрометры. С двенадцатиметровой высоты они регистрируют спектр отраженных от земной поверхности солнечных лучей. Кстати, спектрометр ПС-3 «Каспий», о котором идет речь, придумали и сконструировали сами молодые сотрудники института. И удостоились за это изобретение премии Ленинского комсомола республики.

Первые эксперименты выглядели кустарно. Ученые на время превратились в пахарей и сеятелей, что называется, прямо под окном взрастили на небольших участках различные культуры. Затем подвесили над ними собственноручно изготовленный спектрометр и принялись исследовать, как меняется спектр той или иной делянки в зависимости от периода роста растений.

Это было начало. Теперь лаборатория по исследованию оптических характеристик природных объектов имеет тестовые участки, у института есть полигон, где та же работа ведется с размахом. Приборы регулярно измеряют температуру почвы, влажность воздуха, силу и направление ветров на опытных делянках. Плюс к тому — и это самое важное — регистрируется спектр отраженных лучей в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах, тех самых, что попадают в шесть зон космической фотокамеры МКФ-6. Так рождаются яркостные эталоны, которые можно сопоставить с информацией, полученной из космоса. И тогда удается точно определить: это эталон пшеницы, а это ячменя, да еще в такой-то стадии вегетации.

Если взять только сельское хозяйство, и даже часть его, растениеводство, то и тогда составление подобного каталога яркостных эталонов — задача поистине колоссальная. Ведь нужно определить коэффициент спектральной яркости для множества культур, причем в различных по рельефу местностях (от горизонтальной и наклонной плоскостей лучи отражаются неодинаково) и на разных стадиях зрелости. Помимо этого, надо научиться определять из космоса заболевания растений, а уж такую информацию, сами понимаете, следует добы-

вать как можио быстрее и ие путаться при этом в спектрах. Болезни культуры отражаются иа кривой спектрограмме, ио как? Потребуется иемало труда, чтобы собрать статистику. Отработку методики этих важнейших наблюдеиий специалисты института ведут в одном из районов Азербайджана, иа склонах Большого Кавказа.

...Вертолет иа высоте двухсот метров весь день неутомимо стрекочет иад полем. Оно разбито на несколько участков размером 500 на 500 метров, на которых высажены виноград, люцериа, табак. Через каждые полчаса на борту вертолета получают спектр каждого участка. За десять секунд прибор успевает сделать тридцать две засечки спектральной яркости. В это время иа Земле проводятся такие же измерения. Затем те и другие кривые спектров совмещаются и поступают в ЭВМ для дальиейшей обработки. Уместно напомнить, что аиалогичиые измереиия вели и космонавты с борта орбитальной научиой стаиции «Салют-6». Например, Л. Попов и В. Рюмин за полугодие своей работы в космосе сумели сделать более сорока тысяч спектрограмм. Приборы на орбите и на Земле обязаны одинаково и одиозначио ответить иа вопросы, поставленные учеными.

«Каждая фотография из космоса, — говорит Н. Абдуллаев, руководитель лаборатории по исследованию оптических свойств природных объектов, — это совокупиость огромного количества точек разной яркости. Работая с приборами иа земле и на вертолете, мы получаем кривые, отражающие спектральную яркость. Надо научиться получать одну кривую из другой, тогда удастся «читать» снимки из космоса напрямую, в подробностях. И картиика, увидеииая из космоса, будет у нас как на ладони. Здесь вам и оперативная информация о процессах, развивающихся в живой природе, и состояние дел в сельском, лесном, водиом хозяйствах, и неблаговидиые последствия вмешательства человека, и прогиозы иа ближайшее будущее, и возможиость дать конкретиые рекомендации специалистам народного хозяйства. Только нужны эталоиы. Пока мы отрабатываем лишь некоторые из них: водный объект, каштановая почва, солоичак, несколько классов основных сельскохозяйственных культур нашей республики».

Методики, о которых рассказывал Н. Абдуллаев, можно примеиять не только в Азербайджане, ио и в различных районах земного шара. Ячмень, как говорится, он и в Африке ячмень. Однако составление каталогов

всех наземных объектов, имеющих народнохозяйственное значение, займет, конечно же, несколько лет. В перспективе космическую фотографию окажется возможным расшифровать моментально. Получил снимок — через полчаса уже итог: здесь запечатлено то-то, а здесь — то-то. Вот тогда мы сможем сказать, что полностью овладели языком, на котором с нами разговаривает космос.

### ЗАПРАВЛЕНЫ В ПЛАНШЕТЫ КОСМИЧЕСКИЕ КАРТЫ

Как вы думаете, сколько вопросов по природным условиям интересуют строителей железных дорог?

Не будем гадать, заглянем в соответствующий документ. Инструкция по изысканиям и проектированию железных дорог содержит ни много ни мало тысячу вопросов: о рельефе, почвах, лесах, осадках, о направлении и скорости ветров и т. д. и т. п. Где взять такого рода данные? Не будешь же каждый раз проводить исследования, это дорого и долго. Конечно, значительная часть нужных сведений есть на картах. В нашей стране ежегодно издается более тысячи тематических карт, сотни атласов. Около трехсот различных организаций занимаются их составлением. Для этого широко используется аэрофотосъемка. Каждый год более четырех миллионов квадратных километров территории СССР фотографируется с самолетов. И это дает большой экономический эффект при составлении карт. Но вот беда: за время подготовки к изданию данные устаревают. Темпы нашего хозяйственного роста диктуют необходимость быстрого обновления карт. Если раньше срок службы составлял 10—15 лет, то теперь нужно иметь свежие карты минимум через каждое пятилетие. Смело можно утверждать, что без съемок из космоса было бы практически неосуществимо картографирование страны на уровне современных требований.

Из космоса, особенно с борта пилотируемой орбитальной станции, удается охватить съемкой огромные территории, повторять ее многократно с любой периодичностью, вовремя выявляя все изменения на «лике» планеты. Со спутников «Метеор» полоса обзора достигает тысяч километров, а, скажем, фотоаппарат КАТЭ-140, установленный на борту станции типа «Салют», фотографирует полосу шириной 450 километров

по перпендикуляру и направлению полета. В течение пяти минут с орбитальной станции удается отснять на пленку гигантскую территорию — около миллиона квадратных километров. Это, как считают специалисты, равнозначно двухлетней (!) работе самолета со специальной аппаратурой. Вдумайтесь в эти цифры: пять минут съемок с орбиты и два года работы на борту самолета. Вот какой скачок эффективности дает использование космических средств в составлении карт!

Напомню и такое немаловажное обстоятельство, что для космической съемки доступен любой уголок Земли. Сегодня по ее материалам создаются карты Памира и Тянь-Шаня, Чукотки и Новой Земли, Курильских островов и пустынь Средней Азии. Только по одной фотографии, выполненной мною с борта космического корабля «Союз-3» в 1968 году, был составлен комплект тематических карт масштаба 1 : 600 000 пустынного района площадью 250 тысяч квадратных километров. Картографы утверждают, что при этом экономическая эффективность составила несколько десятков тысяч рублей. А во время экспедиции на станции «Салют-4», когда в космосе два месяца работали П. Климук и В. Севастьянов, было заснято около 5,6 миллиона квадратных километров территории СССР. По предварительным оценкам, расчетный экономический эффект использования этой информации превысил 50 миллионов рублей.

Космическая техника в топографо-геодезическом производстве ликвидировала само понятие «труднодоступная территория». А ведь еще совсем недавно картографирование высокогорных районов страны, отдаленных территорий северо-востока, полярных островов, Антарктиды представляло собой неимоверно сложную научно-техническую и организационную проблему. Решение ее было сопряжено с огромными затратами труда, времени и средств, наконец, с немалой опасностью. Сегодня по снимкам с орбиты составляются проекты орошения и обводнения, намечаются варианты трасс проектируемых дорог, линий электропередачи, нефте- и газопроводов. Например, по фотографии из космоса уточнили проект прокладки одного из железнодорожных тоннелей на трассе БАМ и за счет этого сэкономили несколько миллионов рублей.

По своей сути космическая информация является многоцелевой, так сказать, межведомственной. Раньше изучение природных ресурсов каждая из отраслей на-

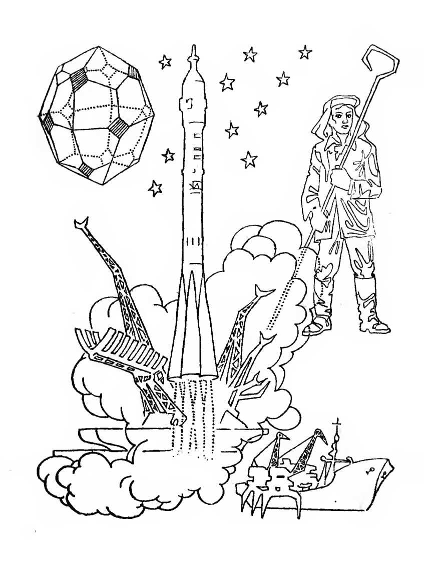
уки и иародного хозяйства вела по-своему, что называется, кто во что горазд. Это и поиятио, ведь использовались самые разиые методы и средства, а результаты порой иевозможио было сопоставить. Сейчас появилась новая единая техиическая осиова для комплексной оцеики прнродиого потеициала н естествеиных ресурсов того нли ииого райоиа страиы. Эта осиова — ниформация, получеииая из космоса. Отныие какие бы исследоваиня природиых ресурсов ни выполиялись, их результаты отражаются иа картах — наиболее емких и информатнвных докумеитах. Уже проведеиы подобные опытно-пронзводствеииые работы в одном из южных райоиов СССР. И сразу же удалось там открыть новые рудопроявлеиия цветных металлов, определнть перспективы иефтегазоносиостн н иачать разведочиые буровые работы, выявить продуктивные пастбища.

По оцеикам специалистов, экоиомнческий эффект такой комплексиой иивеитаризации природных ресурсов на основе космической ииформацни для горного райоиа площадью около 300 тысяч квадратиых километров составнт ие меиее 120 миллиоиов рублей. При этом все данные иаиосятся иа карты в масштабе 1 : 500 000. Выгоды здесь очевидны, так что в недалеком будущем по космическим данным развериутся общегосударствеиные работы по нивеитаризацин природиых ресурсов всей нашей страиы.

Еще год иазад более четырехсот оргаиизаций, учреждеиий и ведомств пользовалнсь космической иифомацией. В блнжайшне годы число потребителей миогократно вырастет — в этом можио не сомневаться. Но уже сегодня возинкает необходимость быстрее доводить сведеиня, получеииые из космоса, до тех, кто их ждет. Наладнть массовое воспронзводство первичной космнческой информацни, проще говоря, тех же самых синмков, сделаниых с орбиты. Словом, на наших глазах сегодия закладывается иидустрия обработки н использоваиня космической иифомации. И думается, процесс этот можио и иужно ускорить.

Настало время, когда для дальиейшего роста эффективностн космическнх исследоваиий иеобходима большая предварительиая работа иа Земле, солидная аппаратурная база. Космонавты иа орбите ие решат всех проблем. А космические достижения должиы прежде всего работать на Землю. Работают уже. И будут работать все больше и лучше.

# У ПОРОГА ОРБИТАЛЬНЫХ ЗАВОДОВ



## РОЖДЕНИЕ НОВЫХ ПРОФЕССИЙ

На огромной световой карте земного шара в главном зале Центра управления полетом едва заметно для глаза перемещается зеленоватое пятно. Оно отображает движение орбитального комплекса станции «Салют-6» — «Союз-27» с космонавтами Ю. Романенко и Г. Гречко на борту. Совсем рядом со светящейся линией его орбиты ползет другое — розоватое — пятнышко! Так выглядит на карте автоматический грузовой корабль «Прогресс-1». Сейчас должна произойти их стыковка. Внимание... Есть! Две точки на экране слились...

«Эка невидаль, — скажет искушенный в космонавтике читатель. — Кого теперь удивишь стыковкой на орбите? Были уже всякие: и двух автоматов, как в октябре 1967 года, когда состыковались «Космос-186» и «Космос-188», и беспилотного корабля «Союз-20» со станцией «Салют-4», летевшей в автоматическом режиме, в ноябре 1975 года, а стыковкам с участием космонавтов вообще потеряли счет».

Что ж, все верно, и тем не менее стыковка, которая произошла 22 января 1978 года в 13 часов 12 минут московского времени, особая. Впервые в истории космонавтики с помощью автоматического корабля была осуществлена транспортная операция по доставке на пилотируемую орбитальную станцию топлива для дозаправки двигательных установок, оборудования, аппаратуры и материалов для обеспечения жизнедеятельности экипажа и проведения научных исследований и экспериментов. Но так ли уж необходимо все это в космической работе?

Судите сами. На борту станции довольно значительны расходы, связанные с научными исследованиями. К примеру, уменьшается запас фото- и кинопленки, его нужно восполнять. Уже во время полета возникают идеи новых экспериментов, а подходящих приборов с собой нет. На станции сотни агрегатов и узлов, из которых иные выходят из строя при многомесячной работе. Причем обычно заранее известно, что и когда надо менять, так как у отдельных из них срок службы меньше, чем длительность работы всей станции. Могут быть, конечно, и какие-то непредвиденные отказы, тогда необходим ремонт. Еще одна статья расходов — это топливо, которое уходит на маневры во время научных экспериментов. И наконец, потребности обеспечения жизне-

деятельности экипажа. Периодически приходится обновлять атмосферу станции, заменять регенераторы, выделяющие кислород, — они изнашиваются. Нуждаются в обновлении и фильтры — поглотители различных примесей в воздухе. И емкости для отходов тоже нужны, и многое другое. Если подсчитать все необходимое, то «расходы» на станции составляют 20—30 килограммов в сутки. Вместе с космонавтами на «Союзе» везти запасы на два-три месяца работы очень сложно. А если на год? Это уж чуть ли не десять тонн груза. Вот и выходит, что без такого транспортного корабля, как «Прогресс», обойтись невозможно.

На следующий день после стыковки началась разгрузка «Прогресса». И тут в Центре управления возникло оживленное обсуждение характера новой профессии космонавтов, рождавшейся на наших глазах. В очередном сеансе связи оператор так и спросил у экипажа:

— «Таймыры», кем вы сейчас себя чувствуете? Кто вы — грузчики, такелажники?

— Мы докеры, — весело ответил Г. Гречко.

— Согласен с бортинженером — докеры, пожалуй, точнее. Все-таки разгружаем корабль, да и вокруг — океан, хотя и звездный, — добавил Ю. Романенко.

Казалось бы, что особенного — взял один контейнер, перенес его в станцию, установил где надо, а в корабль переправил тот, что отработал свое. Однако в условиях невесомости подобная операция очень непроста. Во-первых, при разгрузке каждую секунду нужно быть настороже, иначе груз потянет тебя куда-нибудь в сторону. Во-вторых, работать приходится с предельной осторожностью: в невесомости массивный контейнер превращается в «снаряд», который способен повредить оборудование станции. Так что в специальных бортжурналах с названием «Разгрузочно-погрузочные работы» совсем нелишне указано: «Избегать неконтролируемого дрейфа блоков и оборудования, передавая их из рук в руки. Оберегать переносимые блоки от удара об элементы конструкции, особенно о пульты».

Объемистые эти журналы! Несколько десятков страниц. Определен в них весь порядок работ по разгрузке «Прогресса», продуманы мельчайшие детали. А грузовой отсек автоматического корабля — это 6,6 кубического метра. На специальных рамах-стеллажах размещено почти полторы тонны весьма разнообразных гру-

зов. Есть среди них как легкие, так и очень тяжелые — на космодроме при загрузке отсека пользоваться пришлось даже подъемными кранами. Для съема оборудования были разработаны специальные приспособления и инструменты, которые теперь все космонавты осваивают в обязательном порядке. А это значит, что в их многообразной испытательной и исследовательской деятельности появилась новая грань — регулярная производственная работа, и не только «космическими докерами»...

Именно «Прогресс-1» среди прочих грузов доставил на «Салют-6» оборудование, с помощью которого был начат обширный комплекс технологических экспериментов на орбите. На этот раз Ю. Романенко и Г. Гречко, а потом и все, кто побывал на «Салюте-6», поработали в космосе еще и заправскими металлургами. В их распоряжении была, в частности, установка «Сплав-01», которая состоит из электронагревательной печи ампульного типа и миниатюрного компьютера, управляющего тепловым режимом.

Установка поступила в разобранном виде. Космонавты сами ее смонтировали, разместив печь в шлюзовой камере, через которую обычно сбрасываются бытовые отходы. У камеры два люка: один открывается внутрь станции, другой — наружу. Через специальные герметические разъемы печь соединили с пультом управления в рабочем отсеке. После этого вложили в печь три ампулы с образцами, закрыли внутренний люк шлюзовой камеры и открыли наружный, чтобы плавка проходила в космическом вакууме. Оставалось набрать на пульте управления заданную программу и... лечь спать.

Не улыбайтесь, читатель. Лечь спать — это тоже непременное условие эксперимента. Дело в том, что на борту космического корабля или станции абсолютной, так сказать, невесомости не бывает. Различные маневры с включением двигателей, даже просто передвижение космонавтов внутри помещений или, скажем, занятия физическими упражнениями на «бегущей дорожке» приводят к нарушениям «гравитационной тишины», как говорят специалисты. Конечно, возникающая при этом «тяжесть» неощутима для человека, но даже такие ничтожные ускорения в тысячи, десятки тысяч раз меньше единицы способны влиять в космосе на структуру образцов. В этом ученые убедились из предыдущих опытов. Ведь уже пробовали на орбите плавить, сваривать,

паять и резать металлы, выращивать кристаллы, получать растворы, отливать близкие к идеальным шарики. Результаты не только обнадеживали и вдохновляли, но и частенько обескураживали. И это понятно: путь в неизведанное тернист и извилист. Но человек, не останавливаясь ни перед какими трудностями, задумывает новые эксперименты, намечает новые планы приобщения неземного к своим земным потребностям.

Напомню слова академика Б. Патона: «Когда-нибудь заработают заводы в космосе, где существуют постоянно такие «производственные условия», каких на Земле либо вообще нельзя достичь (длительная невесомость), либо они неоправданно дороги (глубокий и чистый вакуум, резкие перепады температур, радиация). Не исключено, что эксперименты на орбитальных станциях по изысканию новых материалов и конструктивных элементов помогут обнаружить и неожиданные эффекты, которые расширят наши представления в материаловедении, металлургии, физике и принесут неоценимую пользу повседневной практике на Земле».

Понятно желание уже сегодня получить определенные и весомые результаты. Но наука — это прежде всего кропотливая и долгая работа, широкий поиск. Они обязательно приведут к открытию новых путей в космической технологии, правда, вовсе не исключено, что неожиданный успех придет сразу. Однако в создании космической индустрии рассчитывать лишь на одну удачу не приходится.

Конечно, значение работ, подобных тем, что вели с установкой «Сплав-01» на орбите советские космонавты вместе со своими коллегами из социалистических стран, пока чисто научное. Но уже совсем не абстрактное, а вполне конкретное. Каждый следующий эксперимент, каждый следующий шаг приближают нас к тому будущему, когда на околоземных орбитах начнется промышленное производство материалов и сплавов, которые очень трудно или вовсе невозможно получить на Земле.

Ну а что же может космос?

## ПОД «СОЛНЕЧНЫМ ВЕТРОМ»

Есть в Москве на Ленинских горах место, где Луна так близка, что ее можно потрогать. Конечно, такое проделать на самом деле не удастся, и все же сознание

того, что рядом, за стенами здания с вывеской «Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского», находится кусочек нашей ближайшей соседки по космосу, никого, по-моему, не оставляет равнодушным.

В этом «лунном доме» была вскрыта первая капсула с первым грунтом, доставленным советской автоматической станцией «Луна-16» из Моря Изобилия. Сюда же привозили подобные капсулы с «Луны-20», «Луны-24». Здесь в одном из отсеков лаборатории — «лунный склад». В специальных контейнерах хранятся бесценные образцы, среди которых есть и «лунные камни», собранные на Луне американскими астроавтами. Не музейными экспонатами стоят они в боксах. Их изучение ведется постоянно: в лунном мире так много еще непознанного, таинственного.

В лабораторию обращались за советом конструкторы, создавая новые аппараты для исследования Селены. Много месяцев работали среди морей и гор советские луноходы, и мы удивлялись их неутомимости и отличным ходовым качествам. Но они стартовали с Земли лишь после того, как ученые передали конструкторам данные о механических свойствах лунного грунта, о нехоженой поверхности Луны, по которой предстояло путешествовать космическим автоматам.

Лунная лаборатория напоминает миниатюрный завод. Здесь можно взвешивать вещество и распиливать его частицы, проводить рентгеновский анализ и измерять магнитные свойства. И когда этот «завод» заработал на полную мощность, ученые столкнулись со многими неожиданными вещами. Об одной из них и пойдет речь.

Сколько сейчас различных металлов в человеческом обиходе? Наверное, можно подсчитать, но, думаю, и так ясно: много. А сколько люди теряют металла ежедневно, ежечасно из-за коррозии? Точное число назвать не берусь. Однако в одном из своих выступлений академик Я. Колотыркин привел такой факт: в развитых странах коррозия «пожирает» ежегодно около десятой доли национального дохода. В масштабах нашей страны это многие миллиарды рублей.

Коррозия, словно раковая опухоль, возникая, неумолимо распространяется по всему телу металлических изделий, будь то корпус судна или кузов автомобиля, во-

допроводные трубы или стенки атомных реакторов. С коррозией борются. Разрабатывают различные покрытия, ищут способы замены металлов стойкими пластмассами и даже стеклом, используют так называемые ингибиторы коррозии. Но все эти меры либо слишком дороги, либо недостаточно эффективны. Металлы продолжают ржаветь. Так на Земле. А вот на Луне...

Чистое железо в лунном грунте — реголите — обнаружили сразу. Оно покрывает тончайшей (в одну десятую микрона!) пленкой бо́льшую часть его поверхности. Ученые предположили, что стоит этому самому лунному железу оказаться в земных условиях, то оно тут же окислится. Сомнений, в общем-то, не было, но решили убедиться на опыте: извлекли кусочек реголита из камеры, где он хранился в «космической среде», и оставили на воздухе. Прошла неделя, другая, месяц, потом почти четыре месяца, а приборы неизменно отмечали, что лунный металл не окисляется, не сгорает.

«Не может быть, — сказал академик А. Виноградов, когда ему сообщили об этом сюрпризе. — Проверьте еще раз и найдите свою ошибку. Это же элементарно: железо, да еще в такой степени измельченное должно неизбежно сгорать».

Эксперименты повторяли снова и снова. И с той же настойчивостью лунный грунт «сигналил» о наличии чистого, неокисленного металла.

О странном поведении реголита академик А. Виноградов упомянул в докладе о предварительных результатах исследований на Президиуме Академии наук СССР. Академик М. Келдыш, который вел заседание, заметил: «Если вы поймете, как получается на Луне такое железо, и научите нас его производить в земных условиях, то это окупит все расходы на космические исследования». Он распорядился не жалеть лунный грунт для исследований, помог привлечь к ним широкий круг специалистов из других исследовательских учреждений.

К работе приступили сотрудники Института геохимии и аналитической химии имени В. И. Вернадского АН СССР, Института общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова АН СССР, Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии АН СССР и несколько позднее— Института металлофизики АН УССР...

Опыт повторялся многократно у нас, а затем и в США. В рентгеновских фотоэлектронных спектромет-

рах тончайшим слоем наносился на своеобразную мишень лунный реголит. Его подвергали рентгеновскому облучению и последующему анализу. Все эксперименты убедительно подтверждали: в лунном реголите есть чистое железо. Пробовали исследовать его на разных установках. Не сразу был получен нужный результат. Выяснилось, что чистые металлы лежат на самой поверхности, в самом верхнем и тонком слое крупинок грунта. Вот почему столь вроде бы очевидное отыскивалось долго и трудно.

Парадоксально, но факт: на поверхности можно «запрятать» секрет гораздо надежнее, чем в глубине. Так и сделала природа с лунным реголитом. Чистое, восстановленное железо занимает здесь тончайший слой толщиной порядка 20 ангстрем. Дальше обыкновенные окислы. Если сравнить с земными образцами, где сверху коррозия, а под ней — чистый металл, то на Луне все наоборот. Как только начинают «прощупывать» приборами атомы, лежащие чуть глубже этого таинственного слоя, то никаких чудес — обыкновенная картина окисленного металла. Преподнесли сюрприз и американские образцы лунного грунта, изученные в советских институтах. Они оказались подобными слоеному пирогу: железо — окислы — железо. Почему? Пока ученые лишь строят гипотезы.

Но вернемся к работам Института металлофизики. Анализ поверхности реголита не только подтвердил результаты предыдущих исследований по железу, но принес и новые: установлена аналогичная неокисляемость в земных условиях лунного титана и кремния. Так родилось открытие, внесенное в Государственный реестр под номером 219: «Свойство неокисляемости ультрадисперсных форм простых веществ, находящихся на поверхности космических тел». Науке стало известно, что чистое железо, титан, кремний, доставляемые с Луны, не окисляются и на Земле.

Естественно, ученых заинтересовал вопрос: почему это происходит? Стали моделировать лунные условия: земные материалы подвергали резким перепадам температур в вакууме. Железо восстанавливалось, но ненадолго. Затем бомбардировали их протонами. Железо и титан восстанавливались, а кремний — нет. Наконец «обстреляли» ядрами аргона и получили желаемый результат: все три элемента не только восстановились, но и впоследствии не окислялись в атмосфере.

Итак, на вопрос: «Чем закаляются металлы от коррозии?» — последовал ответ: «Солнечным ветром».

Солнечный ветер... Не правда ли, поэтическое название нашли ученые потоку частиц, несущихся от нашей звезды? Именно этот ветер поможет будущим космическим каравеллам путешествовать в пространстве — есть почти фантастические проекты таких «парусников» для вселенной. Но в нашей истории солнечный ветер играет совсем иную роль — он превратился в металлурга.

Покрывающий поверхность Луны реголит — это смесь обломков пород, минералов, стекол, спеков, образовавшаяся под действием метеоритного дождя и потоков заряженных частиц. И чтобы объяснить, как появилось железо, надо учесть все факторы. Предположим, ударяется о поверхность Луны железный метеорит. Взрыв. Метеорит испаряется, вещество затем начинает конденсироваться. Может ли при этом появиться железо? Без сомнения. И свидетельство тому — лунные стекла и спеки, где отмечается наибольшая концентрация неокисленного железа.

Теперь о солнечном ветре, а точнее, о протонах, которые в нем содержатся. В одном случае они выбивают с поверхности частиц реголита летучие элементы, снижают в ней количество кислорода. Это, так сказать, физическое воздействие солнечного ветра. Но в реголите идут и химические процессы, и, вероятно, они играют решающую роль.

Теория, даже весьма убедительная, требует экспериментальной проверки. Чтобы доказать, насколько расчеты верны, нужно в земных лабораториях имитировать лунные условия и получить то самое железо, рождение которого столь необычно.

Земные базальты схожи с лунными породами. Их и взяли объектом экспериментов. Однако на пути исследователей встали огромные трудности. Вакуум, который удалось получить в установках, моментально «загрязнился». Ученым удалось получить лишь ничтожное количество «лунного железа». Началось моделирование воздействия солнечного ветра на металл. Пластинки подвергали интенсивной атаке ионами аргона. Коррозионную устойчивость металла удалось повысить.

Это были годы поисков и сомнений, удач и разочарований. А в лаборатории лежали образцы реголита, привезенного в 1970 году «Луной-16», а затем «Луной-20» и

«Луной-24». Проходили месяцы и годы, но содержание в них неокисленного железа не уменьшалось. И этот немой представитель Луны заставлял искать пути к тайне.

Возникали предположения: а может быть, все гораздо проще? И если взять чистое земное железо, оно в этих условиях тоже не будет окисляться? Изготовили тонкие пластинки из сверхчистого железа. Поверхность их тщательно отполировали. Но прошло совсем немного времени, и выяснилось, что пластинка покрылась тончайшим слоем окисла. А лунное железо по-прежнему оставалось устойчивым, словно не на Земле оно находилось.

Наверное, удалось бы раньше получить конечные результаты, если проводить опыты в космосе, на борту станций или спутников. Природа работает в чистейшем вакууме, а воссоздать его в лабораториях и одновременно экспериментировать в нем необычайно сложно. И все же многолетние исследования большого коллектива смогли преодолеть, казалось, бы, непреодолимые препятствия. Разобрались, почему и каким образом рождается лунное железо. В нем нет «центров окисления», а процесс коррозии словно цепная реакция: стоит ему начаться в одном месте — и он распространяется на весь металл. Опыты показали, что можно улучшать коррозионную стойкость металлов, если обрабатывать их пучками ионов.

Вот перед нами диск из нержавеющей стали. На нем написано: «Луна». Только надпись на диске подверглась атаке ионных пучков. Затем ученые поместили диск в пары «царской водки» — смесь крепких кислот, — через 15 минут он покрылся ржавчиной, а слово «Луна» сияло первозданной чистотой.

Дипломом на открытие отмечена большая группа ученых. Это итог сделанного и одновременно рождение нового направления исследований. В некоторых областях техники очень эффективно использовать обработку металла ионными пучками, в частности в электронике, в приборостроении. Пока рано говорить о широком применении этого метода — еще предстоит создавать специальную аппаратуру, искать новую технологию. Не исключено, что со временем и в космосе ионные пушки будут обрабатывать металлические детали, которые потребуются для космических сооружений...

Ну а появятся ли на Земле металлургические заво-

ды, производящие «лунное железо»? В принципе такой завод легче построить на Луне или в космическом пространстве, где есть необходимый вакуум «в неограниченном количестве», но... Впрочем, для нас это трудно, а детям и внукам нашим подобное строительство может оказаться необходимым и столь же привычным, как для нас сегодня сооружение гидростанций.

И кто знает, может быть, не так уж далек день, когда наряду с овеянной легендами индийской колонной из «чистого» железа появятся на Земле корабли с нержавеющими корпусами, не поддающиеся коррозии металлические трубы и атомные реакторы, и все это без всяких защитных покрытий. Металл убережет солнечный ветер.

Да, Луна может подарить богатства несметные. Ведь победа над коррозией сулит человечеству гораздо больше, чем если бы все лунные экспедиции установили, что на Селене есть золото. Показательно, что на одной из научных конференций в Хьюстоне американские специалисты признали: открытие советских ученых — это наиболее значительное из всего, что дала Луна на сегодня человечеству.

## БЕЗ УЧАСТИЯ ТЯЖЕСТИ

Между прочим, одним из первых, кто задумался над этим вопросом, был К. Циолковский. И не только задумался, но и попытался ответить. В его труде «Грезы о Земле и небе и эффекты всемирного тяготения», изданном в Москве в 1895 году, одна из глав так и называлась: «Описание разных явлений, происходящих без участия тяжести». Великий пророк космонавтики первым обратился к процессам, которые могут протекать в невесомости.

Любопытно, что внимание современных материаловедов и технологов длительная невесомость не привлекала к себе даже после того, как успехи практической космонавтики ошеломили человечество. Понадобились сотни полетов автоматических и пилотируемых аппаратов, чтобы вызвать интерес к исследованию производственных процессов вне Земли. В результате первый технологический эксперимент в космосе был поставлен лишь в 1969 году. На борту корабля «Союз-6», в его орбитальном отсеке, установили сварочный агрегат «Вулкан»,



разработанный специалистами Института электросварки имени Е. О. Патона АН УССР. Во время полета бортинженер В. Кубасов, разгерметизировав отсек, включил агрегат и попробовал три вида сварки — электронным лучом, сжатой дугой и плавящимся электродом. Так было положено начало экспериментальной космической технологии.

Затем последовали другие запуски советских и американских аппаратов и кораблей. Были продолжены исследования возможностей осуществления на орбите различных технологических процессов, производства веществ и материалов с необычными свойствами и характеристиками. Теперь перспективы в этой области волнуют воображение. Конкретные технические проблемы космической технологии обсуждаются на совещаниях и симпозиумах. Конструкторы создают особые инструменты и оборудование для космического производства. Словом, сегодня будущее индустрии уже невозможно себе представить без участия таких помощников, как космический вакуум и невесомость.

Говорят, железные перила набережной Фонтанки в Ленинграде впервые покрасили в 30-е годы нашего века. А ведь отливали их еще до рождения А. Пушкина. Около двух столетий ничего не могла поделать ржавчина с этим железом. Специалисты объясняют удивительную его стойкость, в частности, и тем, что в нем почти нет таких примесей, как сера и марганец. Или еще один пример. На окраине индийской столицы вот уже более пятнадцати веков возвышается семиметровая железная колонна, на которой не найти никаких следов коррозии. И это в условиях влажных тропиков. Секрет, как уверяют материаловеды, состоит в том, что колонна на 99,8 процента состоит из чистого железа.

Сейчас научились получать не просто чистые — чистейшие металлы. Есть, например, образцы, содержащие 99,9999 процента железа, или, как говорят специалисты, чистотой в шесть девяток. Оно не вступает в химические реакции даже с кислотами, остается податливым в обработке, мягким, а не хрупким, даже при температуре 200 градусов ниже нуля.

По мере повышения «чистоты» различных веществ росло и количество обнаруживаемых или неожиданных свойств. Цинк чистотой в пять девяток не вступает в реакцию с кислотой. Сверхчистый вольфрам приобретает высокую пластичность: при температуре до 700 градусов

его можно вытянуть в проволоку диаметром в сотую долю миллиметра или раскатать в фольгу. Когда медь освобождают от примесей висмута, она теряет хрупкость. Сегодня радиоэлектроника, химическая и атомная промышленность, машиностроение, многие другие отрасли народного хозяйства испытывают всевозрастающую потребность в высокочистых беспримесных материалах. Шесть-восемь девяток — вот какой чистоты нужны уран, торий, графит, бериллий в ядерной технике. Не меньшие требования к материалам в ракетно-космической технике.

Придумано немало способов очистки материалов в земных условиях. Но почти все они требуют создания космического вакуума, а на Земле это сопряжено с решением труднейших научно-технических проблем, с крупными затратами материальных средств. При переносе же в космос появляется возможность в комплексе использовать сразу два таких важных фактора, как невесомость и глубокий вакуум.

Существующие способы очистки привели, как считают специалисты, ко второму рождению материалов. Ну а если у самых чистых сегодня металлов, полупроводников, изоляторов удастся уменьшить примеси еще в десятки и сотни раз, не возродятся ли они в третий раз, проявив невиданные доселе свойства? Вот почему материаловеды так заинтересовались в пополнении фонда сверхчистых веществ. И в этом поиске космическая продукция призвана сказать свое слово. Она поступит в лаборатории химиков и физиков, фармакологов и биологов, металлургов и оптиков.

Необычные свойства приобретают вещества не только за счет сверхчистоты своего состава. Не меньшее значение имеет и совершенство внутренней структуры материала. Например, в металлах границы между кристалликами — самое уязвимое место. Именно там образуются микротрещины. Но если материал представляет собой единое целое или монокристалл, то в нем нет никаких границ. Поэтому его прочность близка к предельной, зависящей лишь от силы сцепления атомов. В 30-х годах ныне академики А. Александров и С. Журков, измерив прочность на растяжение кварцевых нитевидных кристаллов, получили поразительные результаты — 1300 кг/мм². Это почти в десять раз больше, чем предел прочности высококачественной стали. Оказалось, чем тоньше нитевидные кристаллы, тем они

прочнее. Волокна из сапфира, например, выдерживают усилия до 2000 кг/мм$^2$.

Такие сверхпрочные нити технологи хотели использовать в так называемых композиционных материалах — композитах, где они играют роль своеобразной арматуры. Однако в земных условиях не удается вырастить длинные нити: под действием тяжести они гнутся, ломаются на отрезки, не превышающие нескольких миллиметров. В космосе же нет принципиальных ограничений для получения кристаллических нитей любой длины и выращивания монокристаллов значительных размеров.

В экспериментах на орбите уже удалось вырастить гораздо более крупные и совершенные кристаллы, чем в лабораториях на Земле. К тому же в невесомости они растут быстрее. Вот, скажем, перспективным материалом в полупроводниковой технике считается соединение, состоящее из атомов кадмия, ртути и теллура. Из такого материала можно изготовить эффективные фотоприемники инфракрасного излучения. Диапазон их «зрения», как полагают специалисты, был бы очень широк — от 1 до 35 микрометров (мкм). Напомню, что существующие сейчас электронно-оптические преобразователи принимают ИК-излучение с длиной волны лишь до 8 мкм. Но вот получить однородные монокристаллы такого соединения, у которых составные элементы распределялись бы равномерно по всему объему, никак не удавалось. Попытались это сделать Ю. Романенко и Г. Гречко на станции «Салют-6». Они расплавили, а затем охладили твердый раствор «кадмий — ртуть — теллур». Результаты порадовали специалистов: монокристалл образовался с неплохой однородностью, без пор. Конечно, потребуются новые эксперименты, чтобы отыскать пути к полному успеху. Однако эти трудности преодолимы.

Сейчас все большее распространение в технике получают системы волоконной оптики. Один из основных элементов этих систем — световод — тонкая стеклянная нить. Луч, войдя в один конец световода, как вода в трубе, распространяется внутри его, многократно отражаясь от его внутренних стенок, выходит из другого. Такую трубку-волокно можно буквально завязать в узел. С помощью световых, то есть весьма коротких электромагнитных волн, по световоду можно передавать гораздо больше информации, чем, скажем, посредством радиоволн. Световод толщиной в одну сотую миллиметра, как

уверяют специалисты, вполне способен обеспечивать прохождение сразу 12 телевизионных программ или сотни тысяч телефонных переговоров. Если вместо обычных проводов на современном самолете применить стекловолоконные, это уменьшит в несколько раз вес радиосвязного оборудования. Словом, у волоконной оптики заманчивое будущее. Дело только за технологами — от них ждут подходящих стеклянных нитей. Но получить их непросто.

Качество световода зависит от точности соотношения между диаметрами стержня и оболочки, а также между их показателями преломления. Попадись на границе раздела неоднородности, превышающие по размеру длину волны света, — и хорошего световода не получится. Такое же нежелательное влияние оказывает и загрязнение стекла тяжелыми ионами, парами воды. Уберечься от этих «технологических врагов» в земных условиях чрезвычайно трудно. А вот в космосе справиться с ними проще. В невесомости легче удалить ненужные примеси при бесконтейнерной плавке и выравнивать диаметры за счет преобладающей роли сил поверхностного натяжения в расплаве стекла.

Надо сказать, что технология получения стекла очень сложна. По этой причине и космические эксперименты со стеклом пока еще довольно редки. В марте и декабре 1976 года при запуске советских высотных ракет впервые проделали опыты с плавкой стекла. Через два года на борту космического комплекса «Салют-6» — «Союз-29» — «Союз-31» летчик-космонавт ГДР З. Йен провел плавку специального оптического стекла, которая длилась 20 часов, на установке «Сплав-01». Исследования полученных образцов, по мнению технологов, принесли любопытные и ценные данные. Таковы первые шаги. И все же специалисты уверены, что в орбитальном литейном цехе удастся производить тонкие и очень длинные стеклянные нити, которые на Земле неизбежно разрываются от собственной тяжести, не успев затвердеть. Так что стеклопроводы длиной в сотни метров будут сугубо космической продукцией. Разумеется, это не придет само. Космос не слишком охотно открывает свои секреты. Вспомним хотя бы поучительную историю с попыткой получить на орбите идеальные шарики.

Начну с такого интересного явления: капля жидкости в невесомости свободно висит в пространстве, ни на что не опираясь, и при этом непременно принимает фор-

му шара. Кстати, образуется не просто жидкий шар, а сверхточный. Под действием сил поверхностного натяжения его форма близка к абсолютной сфере. Например, по расчетам для капли расплавленного алюминия, находящейся на высоте 320 километров от Земли, отклонения от идеала составят какие-то десятимиллионные доли процента. Это в тысячи раз меньше, чем существующие допустимые нормы для шарикоподшипников.

Современные литейные формы и прокатные станы, штампы, режущие и шлифовальные инструменты не в состоянии сделать шарики так близки к абсолютной сфере, если, конечно, не идти на непомерные затраты времени и средств. Между тем отклонения от идеальной формы вызывают биения, особенно при высоких оборотах вращения. И они — одна из главных причин износа подшипников. Расчетная долговечность шариковых подшипников, скажем, трамвая, грузовых автомобилей, токарных, фрезерных и некоторых других станков не превышает 20 тысяч часов — приблизительно два года непрерывной работы. У стационарных молотилок в пять раз меньше, а в комбайнах и вовсе около полутора месяцев. Согласитесь, этого явно недостаточно. Неудивительно, что технологи в одном из первых своих экспериментов на орбите решили прежде всего попробовать выплавить идеальные шарики.

Казалось, все предельно ясно, и удача сама упадет в руки. Может быть, поэтому опыт решили не слишком усложнять — ведь и нужно-то было для начала лишь подтвердить столь очевидный принцип. Это был эксперимент «Сфера», который поручили провести космонавтам Б. Волынову и В. Жолобову на борту орбитальной станции «Салют-5».

В космос взяли заготовки из сплава Вуда, в который входят висмут, свинец, олово и кадмий. Он отличается низкой температурой плавления — чуть выше 60 градусов: удобное свойство — можно легко и быстро расплавить. И вот металл расплавили на борту станции. Поршнем его выдавливали из печи в лавсановый мешочек длиной около 30 сантиметров. Полагали, что жидкая масса, падая, успеет в таком пространстве оформиться и затвердеть, прежде чем прикоснется к стенке. И что же увидели, когда на Земле вскрыли мешок?

Перед обескураженными специалистами лежали совсем не шарики и даже не горошины, а бесформенные,

хотя и округлые, кусочки металла. Их поверхность удручала еще больше: она вся была покрыта хаотически расположенными волокнами. «Какой-то еж-уродец», — прокомментировал В. Жолобов. Как показал анализ, внутренняя структура образца в результате переплава на орбите тоже сильно изменилась: нарушилось равномерное распределение компонентов по объему, образовались отличающиеся по составу иглообразные кристаллики и т. д. Попробовали в лаборатории подобрать условия плавки, при которых получились бы сходные структуры — ничего не вышло. Добавлю, что и в эксперименте «Универсальная печь», проведенном в советско-американском полете «Союз» — «Аполлон», было обнаружено аналогичное ухудшение однородности сплава. Объяснения столь странному итогу космической плавки ученые пока не находят — нужны дальнейшие исследования. В общем, атака в лоб себя не оправдала, значит, нужна планомерная, упорная осада.

В конце концов, лично я не сомневаюсь в том, что космическое производство идеальных шариков будет налажено. Да еще каких — полых. О таких шариках, к примеру, для подшипников, на которых вращаются роторные винты вертолетов, давно мечтают авиационные инженеры. Сейчас полые шарики сваривают из двух половинок, но шов остается слабым местом. А если сделать их из сплошного куска металла, то подшипники станут в пять-восемь раз долговечнее. Так считает академик Б. Патон.

В принципе космическую технологию изготовления подобных шариков можно представить следующим образом. Внутрь жидкой капли металла под давлением впрыскивают газ. После ввода шприца отверстие затягивается, пузырь под действием сил поверхностного натяжения занимает центральное положение, образуя шар. Расплав затвердевает, и газ оказывается замурованным. Вот и готов полый шар. Он гораздо прочнее сплошного: под нагрузкой он упруго деформируется, форма и целостность его не нарушаются.

Расчеты показывают, что в космосе можно из жидких металлов выдувать не только небольшие пустотелые шарики, но и огромные тонкостенные оболочки. Да если дать в руки конструкторов такую возможность, то, наверное, строительство больших орбитальных станций будет выглядеть совсем не так, как это представляют сегодня.

Скажем, несколько оболочек, пока они еще жидкие, объединяют в подобие гигантской пены. Когда она затвердеет, то получится единое целое, без швов и стыковочных узлов. Отдельные ячейки остается лишь превратить в помещения станции, разместив в них соответствующее оборудование.

Накладывая пленки из жидких металлов на каркас любой конфигурации, можно изготавливать на орбите конструкции бесконечно разнообразных форм. Как знать, не они ли станут основой космической архитектуры будущего?

Однако давайте теперь, поговорив о «воздушных замках» из металлизированной пены, спустимся на Землю. Между прочим, здесь пеноматериалы уже давно не фантастика. Например, пенобетон. Его производят сейчас в значительных количествах и все шире используют в строительстве. Еще бы, он не уступает железобетону по прочности, но вдвое легче. Кроме того, пенобетон обладает высокими теплоизоляционными качествами. Вот вам подтверждение того, насколько необычными свойствами наделены твердые пористые материалы, даже когда у них далеко не идеальная внутренняя структура.

А если воспользоваться условиями космоса, где устойчиво существуют жидкие пены из любых материалов? Ведь это все равно, что открыть дверь в мир совершенно невероятных материалов. Например, стальной брусок, изготовленный в невесомости и на 87—88 процентов наполненный газом, будет плавать в воде, как дерево. Крыло самолета из подобного материала получит свойства нержавеющей стали и плотность алюминия. И это только за счет того, что в невесомости пузырьки газа в расплаве металла не всплывут и не осядут, так как нет гравитационного притяжения Земли, а равномерно распределятся в его толще.

Инженеры-технологи уже прикидывают подходящие способы изготовления пеноматериалов в космосе. В одном из вариантов предлагают расплавленный металл и газ подавать в вакуумную камеру одновременно. Другой метод посложнее, он требует перемешивания по мере подачи газа. Правда, технологи опасаются, что при этом пузырьки газа начнут сливаться, ухудшая тем самым качество материала. Еще один способ предусматривает введение газа в металл под высоким давлением и быструю подачу смеси в вакуумную камеру. Резкое падение давления вызовет появление пузырьков, которые рав-

номерно вспучат жидкость, подобно тому, как это происходит, когда открывают бутылки с шампанским.

Так обстоит дело с пеноматериалами, в которых успешно сочетаются столь непохожие друг на друга газ и твердое вещество. А если взять сплавы, где составляющие взаимно растворимы? Казалось бы, невесомость не в состоянии улучшить процесс их получения. Ведь главное здесь — непрерывное перемешивание. Именно оно способствует лучшему растворению одного расплава в другом. Однако при изготовлении сплавов из компонентов, существенно отличающихся своей плотностью, возникают немалые трудности. Стоит прекратить перемешивание, как при охлаждении жидкости расслаиваются. Механические, электрические и многие другие качества сплава резко ухудшаются. В итоге на Земле не удается получить отдельных сплавов с нужными свойствами.

Вот, например, так называемый ТН — сплав, состоящий из титана и никеля. Установлено, что он наделен... памятью. Если проволоке или листу из этого сплава придать какую-то форму, а затем, охладив, смять или сплющить, то при нагревании до прежней температуры искореженный кусок обретает первоначальную форму, как бы «вспоминает» ее. Нетрудно вообразить заманчивые перспективы использования такого рода материалов. Скажем, в космос или под воду доставляются в компактном виде конструкции и сооружения, а уже на месте они принимают заданные им размеры и формы.

Свойство своеобразной «памяти» обнаруживают и некоторые другие сплавы — золото с кадмием, медь с алюминием, марганец с медью. Список этот быстро растет. Да вот беда, на пути производства «памятливых» сплавов в земных условиях встают большие трудности. Составляющие их компоненты сильно различаются между собой. Никель, например, вдвое тяжелее титана. Академик А. Белов, возглавляющий Всесоюзный институт легких сплавов, сетует: «Самое трудное здесь — технология. Очень тонки, капризны режимы изготовления подобных сплавов». А вдруг в невесомости эти режимы окажутся не столь капризными? Или сами сплавы преподнесут металловедам еще более неожиданные эффекты. Во всяком случае, уверен, что эксперименты с этими замечательными материалами обязательно появятся в программе будущих полетов орбитальных научных станций.

Примеров того, что может космос в области создания новых материалов и чего ждут от него технологи, я мог бы привести множество. Но возникает резонный вопрос: насколько реальны все эти ожидания и надежды? Ведь даже отдельные имеющиеся удачи в получении на орбите новых материалов обходятся слишком дорого. Конечно, космические сплавы и кристаллы, а некоторые из них уже используются в действующих опытных установках и приборах, стоят пока недешево. Но эта первоначальная дороговизна не смущает технологов. Достаточно, например, напомнить о том, как промышленность осваивала алюминий. Еще в прошлом веке этот серебристый металл, добываемый из глинозема, который, что называется, «валяется под ногами», считался драгоценным: так велики были трудности его производства. Однако прошло время, появилась в достатке относительно дешевая электроэнергия, родилась технология выплавки алюминия методом электролиза. И вот результат — алюминиевая посуда стоит сегодня в любой кухне.

Сейчас специалисты считают, что уже на современном уровне развития космонавтики пора осваивать производство на орбите отдельных, уникальных изделий. Предполагается, что через 10—15 лет оно станет вполне рентабельным.

Рассматривается, например, возможность изготовления в космосе кристаллов граната, применяемых в элементах памяти ЭВМ для улучшения их характеристик. По мнению зарубежных специалистов, потребности в этих кристаллах на 80-е годы оцениваются стоимостью более одного миллиарда долларов. Если часть из них покрывать за счет космического производства, то это составит весомую экономию. Особого внимания заслуживает организация производства на орбите некоторых новых сверхпроводящих сплавов с повышенной критической температурой или оптического стекла для мощных лазеров. Только за счет этого удалось бы буквально преобразить целые отрасли техники.

Думаю, к концу нашего столетия космическая индустрия будет развернута в самых широких масштабах. Если немного пофантазировать, то нетрудно себе представить целые заводы на дальних орбитах вокруг Земли — заводы необыкновенные! Это будут предприятия без крыш и полов, раскинувшиеся на немалых пространствах — этакий «рой» летящих по орбите промышленных установок, реакторов, устройств. А между

ними снуют транспортные пилотируемые и автоматические грузовые корабли, доставляющие на орбиту сырье и вывозящие готовую продукцию. Но сначала все это надо будет построить. Вот почему именно космос станет самой большой мастерской человечества. И люди уже сегодня учатся в ней работать. Очень нелегки первые эти шаги.

## РАБОЧИЕ БУДНИ КОСМОСА

...Космонавт стоял на краю обрыва, у которого не было дна. Сверху, снизу и сбоку — та самая чернота, которая именуется космосом. Только отсюда она кажется еще гуще, еще суровее, чем из иллюминаторов орбитальной станции. «Салют-6» недвижно висел во мраке.

— Сейчас покажется Земля, — услышал В. Рюмин голос командира экипажа В. Ляхова. Тот страховал выход бортинженера из переходного отсека.

— Пока закреплюсь, — ответил В. Рюмин.

Он стоял на «крыше» станции, на специальной площадке, которую назвали «якорем», наверное, потому, что здесь установлены особые крепления для ног космонавта.

Земля неожиданно вынырнула из-за панели солнечных батарей, и сразу стало видно, как стремителен бег станции по орбите.

— Процесс идет штатно, — стараясь говорить медленнее, доложил В. Рюмин Центру управления полетом.

— Спокойнее, «Протоны», не торопитесь, — откликается Земля.

Первый этап выхода в открытый космос миновал. Теперь — небольшая пауза. Она предусмотрена программой, учитывающей опыт предыдущих пяти подобных операций. Космонавту нужно время осмотреться, привыкнуть к необычному восприятию окружающей его обстановки.

Начался второй этап. В. Рюмин снял панели с образцами материалов и, держась за специальные поручни, стал передвигаться вдоль корпуса станции. В. Ляхов вышел на «крышу» и стал на «якорь».

— Валерий идет к двигательному отсеку, — сообщил командир экипажа в Центр управления.

Солнце светит чуть сбоку. Теней нет, поверхность

станции видна ясно и четко. Это обеспечено подбором ориентации «Салюта-6», рассчитанной заранее.

Все ближе подбирается В. Рюмин к злополучной антенне. Он взял с собой кусачки и специальный инструмент. Еще усилие, и вот десятиметрового диаметра зонт соскользнул в бездну. Космонавт отправился в обратный путь, к люку.

— Молодцы! — благодарит Центр управления.

Это произошло в самом конце 175-суточного полета В. Ляхова и В. Рюмина на борту «Салюта-6». Успешно проведя комплекс исследований с радиотелескопом КРТ-10, космонавты должны были сбросить его антенну, чтобы освободить второй стыковочный узел. Была подана команда, сработали пиропатроны, но антенна случайно зацепилась за один из элементов конструкции станции.

Сообщение об этом поначалу не вызвало никакого особого беспокойства ни на орбите, ни в Центре управления полетом. Никто не сомневался: достаточно легкого рывка станции — и проволочная сетка антенны отцепится. С помощью переносной телекамеры космонавты через иллюминатор показали специалистам центра строптивую антенну. «Не беда, — решили, — вот-вот сама отойдет». Но все же с Земли дали команду включить двигатели ориентации, чтобы слегка встряхнуть станцию.

Встряхнули — не помогло. Еще и еще раз включали двигатели. «Салют-6» раскачивался на орбите, но упрямая сетка по-прежнему тянулась за станцией. Что делать?

— Все без изменений, — передал В. Ляхов. — Нужен выход. Это мнение экипажа.

В Центре управления понимали, что возможен и такой вариант. Но это крайний случай. Ведь экипаж станции так долго работал в космосе и, конечно, устал. А выход в открытый космос — пока сложнейшая операция. Она требует не только тщательной подготовки, профессионального мастерства, мужества, но и солидного запаса физических сил, особой собранности. И вот сам экипаж предлагает провести незапланированный выход, заведомо подвергая себя трудному испытанию. Такое по плечу только людям беспредельной самоотверженности, глубоко преданным делу, своей профессии. Волнующие были минуты. Они словно озарились светом гагаринского

подвига, с особой силой проявили истинную меру космических свершений.

Жизнь буднична по своей природе. Вот уже двадцать лет человек постоянно вносит деловую прозу и в ту «чистую романтику», какой поначалу считались космические полеты. Правда, и тогда говорили о работе в космосе, но назвать полет Ю. Гагарина просто рабочим нельзя. Это было не путешествие, а открытие, не работа, а подвиг.

Теперь мы часто говорим — рабочий полет, трудовая вахта на орбите. За прозаичностью таких формулировок скрыт великий смысл. Разумеется, нелепо утверждать, что открытия позади, но очевидно, что первоначальный этап проверки космической техники, возможностей человека и изучения природы ближнего космоса уже пройден. И я думаю, ни одной отрасли знания не удавалось становиться «работающей» на благо людей так быстро после своего рождения, как практической космонавтике.

Когда В. Рюмин, отцепляя антенну, проделывал в открытом космосе определенные движения, рабочий характер которых был очевиден, он виделся мне, да и не только мне, разведчиком будущей армии космических строителей, монтажников, сварщиков, ремонтников — профессий вроде бы неромантических. В то же время работу космонавта мы по праву называем героической — она сродни подвигу. Здесь нет противоречия. Во всяком неизведанном деле таится романтика. Она отступает по мере того, как человек ставит точки там, где еще недавно стояли вопросительные знаки. Так космонавтика каждым своим шагом вперед приносит в нашу жизнь новую обыкновенность. Чаще всего будущая обыкновенность начинается с эксперимента. Но бывает и наоборот.

О том, что такое для астрономов оптический телескоп, вынесенный «за пределы земной атмосферы», повторять не буду. Об этом уже шла речь в начале книги. Пожалуй, излишне говорить, какие многочисленные трудности пришлось преодолеть, чтобы подобные астрономические исследования в космосе состоялись на борту станции «Салют-4». Приведу лишь один пример. На оптические поверхности зеркал и линз телескопа осаждаются тяжелые частицы из облака, обычно окружающего космический корабль. В результате отражающая способность оптики довольно быстро ухудшается, сводя на нет все преимущества наблюдений с орбиты. Специалисты задумались: а нельзя ли обновлять отражающие

слои зеркал прямо в ходе полета станции? На Земле для этого применяют метод напыления металла в глубоком вакууме. Но никто в то время не проделывал ничего подобного в космосе. Решили рискнуть: будь что будет.

Провести уникальную операцию по восстановлению зеркала орбитального солнечного телескопа на борту «Салюта-4» выпало на долю А. Губарева и Г. Гречко. В их распоряжении было не слишком сложное устройство: помещенный перед зеркалом алюминиевый шарик расплавлялся с помощью вольфрамовой нити, по которой пропускали ток. Тем не менее все получилось как нельзя лучше. Космонавты вернули телескопу первоначальную остроту зрения прямо на орбите.

Вот тогда-то технологи заволновались по-настоящему, горячо заговорили о необходимости провести на орбите обстоятельные эксперименты — уж очень заманчивы перспективы у этого метода нанесения пленок. Мало того, что он сулил возможность восстанавливать или обновлять различного рода защитные покрытия на космических станциях в длительных полетах, таким методом можно ведь наносить не только металлические, но и полимерные покрытия, например, из фторопластов, окислов кремния. А отсюда уже прямой выход в пленочную технологию для промышленного изготовления на орбите полупроводников и интегральных схем. Было от чего прийти в волнение технологам.

Специалисты Института электросварки имени Е. О. Патона, как известно, не новички в области космической технологии. Они-то и взялись за разработку прибора и методики эксперимента. И через год очередной «Прогресс» доставил на станцию «Салют-6» все необходимое для эксперимента под названием «Испаритель». Космонавты В. Ляхов и В. Рюмин установили прибор в шлюзовой камере, нажали нужные кнопки...

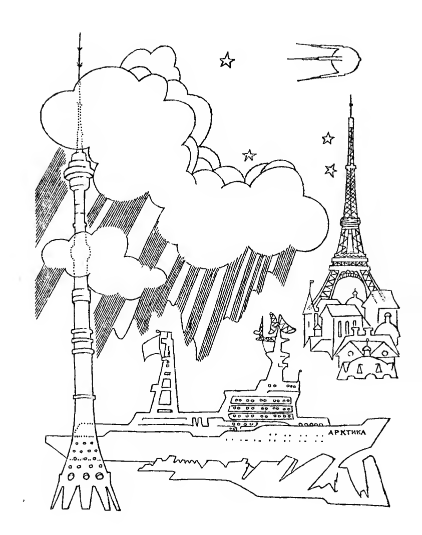
Когда образцы были доставлены на Землю, оказалось, что пленки на них не хуже, а в некоторых случаях даже лучше, чем полученные в земных условиях. Обычно, если напылять металл на почти идеально гладкую подложку, скажем, на стекло с огневой полировкой, то до определенной толщины пленки качество зеркала будет безупречным. Но стоит сделать пленку чуть толще — и она вдруг сразу мутнеет. Почему это происходит, специалисты до конца пока не разобрались. Так вот, в космосе эта критическая толщина была превзойдена, а поверхность пленки осталась зеркальной.

Результаты первого эксперимента ободрили технологов, им стало ясно, в каком направлении двигаться дальше. Решили использовать подложки из разных материалов: металлические, пластмассовые, стеклянные, попробовать напылять не только металлы и сплавы, но и другие вещества. Наметили получить в космосе металлическую фольгу, плоскую и профилированную. И тут выяснилось, что установка, находившаяся на «Салюте-6», для проведения нового цикла исследований нуждается в серьезной переделке.

Были изготовлены дополнительные блоки, комплекты запасных частей, укладки с новыми образцами и материалами. Смущало авторов эксперимента только одно: сумеют ли космонавты переоборудовать установку — на предприятии такую работу выполняют лишь высококвалифицированные наладчики, досконально знающие электронную оптику. Однако Л. Попов и В. Рюмин превосходно справились с задачей, успешно продолжили эксперимент «Испаритель». Теперь более 150 долгожданных образцов в руках специалистов-технологов.

Какие новые сюрпризы преподнес космос, сколько поставил новых проблем, мы узнаем со временем. Однако уже сейчас ясно: еще одно направление космической технологии обретает хорошие перспективы и займет достойное место в будущих орбитальных заводах.

# КОСМОНАВТИКА ВОЗВРАЩАЕТ ДОЛГИ



## «ОРБИТА» В КОСМОСЕ И НА ЗЕМЛЕ

Известный английский ученый и писатель-фантаст А. Кларк в 1946 году написал повесть, в которой предсказывал, что весь земной шар будет когда-нибудь охвачен радио- и телевизионной связью, которая станет своеобразной «нервной системой» планеты. Спустя двадцать лет в своей книге «Черты будущего» он с удивлением отмечал: «В то время эти прогнозы казались большинству читателей неоправданно оптимистическими, теперь же они, наоборот, свидетельствуют о моем врожденном консерватизме». По словам А. Кларка, ему «даже не пригрезилось, что первые экспериментальные спутники связи выйдут на орбиту так скоро». Между тем именно они произвели подлинный переворот в области связи.

Грядущая эта техническая победа обусловлена фактом, настолько простым и очевидным, что о нем даже неудобно упоминать. Радиоволны, которые являются основным переносчиком информации, распространяются в основном прямолинейно, так же, как и свет. А Земля-то, к сожалению, круглая.

Лишь странная случайность — наличие вокруг нашей планеты отражающего радиоволны слоя, ионосферы — сделала возможной дальнюю радиосвязь. Это невидимое зеркало отражает на Землю радиоволны широковещательного и коротковолнового диапазонов, однако работает оно не очень надежно и к тому же совсем не отражает ультракороткие волны. Такие радиоволны пронзают ионосферу и уходят в космическое пространство. Поэтому их нельзя использовать для наземной связи. Для связи с другими планетами и космическими кораблями и аппаратами они, наоборот, особенно удобны и хороши.

Хуже всего такое положение сказывалось на телевидении. По техническим причинам для телевизионного вещания необходимы только очень короткие волны — те самые, что не возвращаются на Землю из ионосферы. Оказалось, что телевизионные сигналы можно прекрасно принимать на Луне, но не в соседней стране. Чтобы обслужить достаточно большую территорию, скажем, всю нашу страну, потребовалось бы строить невообразимо огромную сеть телевизионных станций, кабельных и радиорелейных линий. Кстати, вначале телевизионное вещание так и развивалось.

Еще сложнее обстояло дело с океанами: они остава-

лись для телевидения столь же непреодолимой преградой, какой они были для человеческого голоса до изобретения радио. Для обмена телевизионными программами, например, между Европой и Америкой понадобилась бы релейная цепочка из полусотни плавучих приемно-передающих станций, поставленных на якорях поперек Атлантического океана. Мягко говоря, это не слишком целесообразное решение. Словом, радиотехнике грозил тупик во всех попытках решить проблему сверхдальней связи. Выход из него пришел вместе с запуском первого искусственного спутника Земли.

Нетрудно было догадаться, что если спутник вывести на круговую орбиту высотой около 36 тысяч километров в направлении вращения Земли над экватором, то он будет совершать за сутки один полный оборот и, значит, как бы «висеть» над одной и той же точкой земной поверхности. По сути дела, такой геостационарный спутник — это невидимая телевизионная башня высотой 36 тысяч километров с радиовидимостью до 12—15 тысяч километров. Правда, одним геостационарным спутником не перекрыть территорию Советского Союза: не получится через него связи Камчатки и Чукотки с Москвой. Поэтому обратились к спутникам другого типа, которые обращаются вокруг Земли на высоких эллиптических орбитах с апогеем 40 тысяч километров и перигеем 500 километров. Наклонение плоскости их орбиты к экватору составляет 63,5 градуса, а период обращения — 12 часов. Четыре таких спутника способны обеспечить круглосуточную связь на всей территории нашей страны, включая и полярные области.

Первый из них, «Молния-1», был выведен в космос 23 апреля 1965 года. Тогда это произвело подлинную сенсацию — жители Владивостока впервые смотрели военный парад и демонстрацию на Красной площади одновременно с москвичами. Так была открыта экспериментальная линия сверхдальней телевизионной и многоканальной телефонной связи через искусственный спутник Земли.

Ежесуточно первый спутник связи совершал два оборота вокруг планеты. Апогей орбиты находился над северным полушарием, перигей — над южным. Поскольку скорость полета спутника по отношению к земной поверхности тем меньше, чем он дальше от нее, то «Молнию-1» гораздо дольше «видели» над северными странами, включая Советский Союз, то есть над территориями,

где живет около 80 процентов населения Земли. На одном суточном витке спутник пролетал над СССР, на другом — над Северной Америкой. Он подолгу был виден одновременно из разных городов. Например, из Москвы и Владивостока в течение девяти часов. На подобные орбиты запускались и все последующие спутники связи серий «Молния-1», «Молния-2» и «Молния-3» .

В том же, 1965 году второй спутник серии «Молния-1» позволил провести экспериментальную передачу цветного телевидения из Москвы в Париж. Сигналы передавались из Московского телецентра в подмосковный пункт космической связи по радиорелейной линии. Оттуда они поступали на «Молнию-1», где усиливались, а затем ретранслировались на французскую приемную станцию в Племер-Боду, которая была связана радиорелейной линией с Парижем.

Таким образом, уже в самом начале эксплуатации спутников серий «Молния» успешную пробу прошли все виды радиосвязи, были решены многие сложные технические проблемы. «Молния-1» снабжалась солнечными батареями, панели которых ориентировались на Солнце, обеспечивая необходимый энергоресурс спутника. Его бортовой передатчик обладал мощностью 40 ватт, гораздо большей, чем у зарубежных спутников связи того времени. За счет этого удалось значительно упростить наземные приемные станции — им было достаточно антенн с параболическим зеркалом диаметром 12 метров. В то же время за рубежом вынуждены были строить более сложные наземные станции с антеннами диаметром 25—30 метров и сверхчувствительными приемными устройствами, которые охлаждались жидким гелием.

За очень короткий срок — всего за один год — в нашей стране была развернута и введена в действие космическая система связи «Орбита». Когда в канун 50-летия Великого Октября начались регулярные телепередачи, система «Орбита» насчитывала 21 наземную приемную станцию, размещенную в отдаленных районах Сибири, Крайнего Севера, Дальнего Востока, Средней Азии и Казахстана. Через десять лет число этих станций утроилось, а в конце 1976 года достигло почти семидесяти. На их сооружение ушло приблизительно сто миллионов рублей. Если бы на таких огромных территориях, которые охватила система «Орбита», пришлось

строить радиорелейные приемно-передающие станции или кабельные линии, то это потребовало бы десятки лет и многомиллиардных затрат. Вот какую экономию принесли спутники связи!

Для сравнения можно привести пример с Западной Германией. Там, не имея спутников связи, возвели около 250 радиорелейных станций. Каждая из них во много раз сложнее и дороже станции «Орбита». Тем не менее далеко не все жители страны получили возможность смотреть центральные телепередачи. Всего два-три высокоорбитальных спутника смогли бы заменить все громоздкие наземные линии радиопередач.

Спутники «Молния» способны передавать программу Центрального телевидения сразу на весь Советский Союз. Но в этом мало смысла, слишком велика наша страна — 11 часовых поясов. Когда на Чукотке и Камчатке 20 часов — время для вечерних передач, на Кольском полуострове — 10 часов утра, и у телевизоров остаются в основном дети. Чтобы программа телевидения приходила в дома в удобное для всех время, пришлось организовать передачу по зонам, каждая из которых охватывает два-три часовых пояса. Это делают с помощью «Молнии-2», «Молнии-3» и геостационарных спутников «Радуга». Они значительно расширили возможности не только спутникового телевидения, но и дальней телефонно-телеграфной связи, радиовещания, фототелеграфной передачи полос центральных газет, другой информации в интересах нашего народного хозяйства и международного сотрудничества.

Сейчас все густонаселенные районы нашей страны перекрыты зонами обслуживания наземных телевизионных центров и ретрансляторов различного типа. Однако есть еще немало отдельных поселков и деревень на севере страны, в Сибири, которые оказались за пределами имеющихся телевизионных передатчиков. Не строить же станцию «Орбита» возле каждого населенного пункта, где живет всего несколько сотен человек, — это очень дорого и долго, ведь таких поселков десятки тысяч. Вот если бы установить на спутнике передатчик помощнее, да сделать так, чтобы он практически неподвижно «висел» в заданной точке неба, то на Земле можно обойтись простым приемным устройством с антенной, которая ненамного сложнее обычной коллективной.

Так и поступили. Первый подобный спутник «Экран» запустили 26 октября 1976 года на геостационарную ор-

биту с точкой «стояния» 99 градусов восточной долготы. Мощность бортового передатчика на этих спутниках достигает 200 ватт. Зона его действия простирается от Новосибирска до Якутска, где можно использовать весьма простые коллективные приемные устройства, которые практически не нуждаются в обслуживании. Конечно, программы Центрального телевидения, идущие через спутник «Экран», могут принимать и в городах, с тем чтобы передавать их дальше через наземные телевизионные станции. Для этого есть специальные приемные устройства более высокого класса.

Еще в 1971 году представители девяти стран социалистического содружества подписали соглашение о создании международной системы космической связи «Интерспутник». Между прочим, двери в нее открыты для любой страны. При техническом содействии Советского Союза в социалистических странах введены в строй типовые наземные станции для работы со спутниками связи. Они запускаются таким образом, чтобы в поле зрения всех станций системы «Интерспутник» постоянно находился хотя бы один космический аппарат связи.

Советский Союз взаимодействует и с американской системой спутниковой связи «Интелсат». Неподалеку от Львова построена станция, которая предназначена для работы через спутники этой системы.

В настоящее время СССР — единственная в мире страна, обладающая столь обширной сетью наземных станций космической связи. Запуски спутников «Молния», «Радуга», «Экран» стали регулярными, их число уже перевалило за седьмой десяток. Вот почему, когда при выборе столицы летних Олимпийских игр 1980 года возник вопрос, будут ли обеспечены условия для международных телевизионных и радиопередач, Москва смело дала соответствующие гарантии. Эти гарантии прочно опирались на большой опыт и мощную техническую базу, решающую роль в которой отводили средствам спутниковой связи.

### ПЛАНЕТА СМОТРИТ ОЛИМПИАДУ-80

Первые телевизионные передачи с Олимпийских игр состоялись в 1956 году в Мельбурне. Их смотрели лишь телезрители столицы Австралии и ближайших к ней населенных пунктов.

На следующей Олимпиаде в Риме телевидение по радиорелейным и кабельным линиям проникло в некоторые европейские страны.

Еще через четыре года спутниковая система связи смогла показать Олимпийские игры из Токио другим континентам.

Очередная, XIX Олимпиада в Мехико, по свидетельству прессы, собрала у телевизоров 500 миллионов зрителей.

Три спутника связи передавали из Мюнхена на все континенты события XX Олимпийских игр. Число телезрителей почти удвоилось.

Монреаль, 1976 год. Телевизионные передачи шли по девяти каналам, их увидели полтора миллиарда человек. А как было организовано телевидение на Олимпиаде в Москве?

Для выхода в международную телевизионную сеть было организовано 20 каналов цветного телевидения, из них 14 проходили через космос. Если наземные средства связи передавали программы из Москвы главным образом в Европу, то по космическим мостам олимпийские репортажи доходили до всех континентов без исключения. Для этого специально построили четыре новые наземные станции. Так, станция «Владимир», на которой установили оборудование для передачи пяти телевизионных программ и антенну диаметром 12 метров, работала через советский спутник «Стационар-4» международной системы «Интерспутник». Он находится на стационарной орбите высотой около 36 тысяч километров и «висит» над Атлантическим океаном. «Стационар-4» переправлял по назначению одну программу Интервидения, одну программу ГДР и три программы Евровидения. Благодаря ему Московскую олимпиаду видели на Кубе.

Наземная станция «Дубна» была оснащена антенной диаметром 12 метров и оборудованием для работы через спутник «Стационар-5» системы «Интерспутник», который находится над Индийским океаном. Так олимпийские программы получили доступ в Монголию и другие страны Азии. Кроме того, на станции «Дубна» установили еще одну антенну диаметром 32 метра и второй комплект аппаратуры, что позволило через американский спутник «Интелсат-АО-3» вести олимпийские передачи в Канаду, США, Англию.

Телезрители Японии, Австралии и Новой Зеландии получили возможность увидеть Олимпиаду-80 через разместившийся над Индийским океаном спутник «Интелсат-ИО». Он получал программы от наземной станции «Москва». А «висящий» над Атлантическим океаном спутник «Интелсат-АО-1» создал каналы связи, по которым со станции «Львов» олимпийские телепрограммы шагнули в страны Латинской Америки.

Ну и, конечно, для трансляции Олимпийских игр на всю обширную территорию нашей страны наряду с разветвленной сетью радиорелейных и кабельных магистралей широко использовалась система спутниковой связи «Орбита». Сегодня она насчитывает свыше 85 приемных станций, расположенных на Крайнем Севере, в Сибири, на Дальнем Востоке. В населенных пунктах за Уралом и в северных районах Сибири к началу Олимпиады-80 было развернуто также около 500 установок быстроразвивающейся системы спутниковой связи «Экран».

Как видите, для обслуживания Олимпиады была создана огромная и сложная система, по существу, глобальной связи. И это стало возможным только благодаря космонавтике, ее достижениям. Разумеется, дальнейшее развитие космической связи и телевидения далеко выходит за рамки олимпийских потребностей. Ведь передаваемая через космос информация может быть любого назначения, в том числе и народнохозяйственного. Оперативный обмен потоками сообщений, их быстрая обработка с помощью ЭВМ — необходимые компоненты народного планирования и управления современным многоотраслевым хозяйством, расположенным на огромной территории нашей страны. Спутники связи становятся мощным и незаменимым средством распространения сведений не только культурно-просветительного характера, но и научного, народнохозяйственного назначения. Без этого немыслимо выполнение намеченной решениями партии программы создания Единой автоматизированной системы связи страны. Кстати, наши олимпийские новостройки связи, включая спутниковые системы, теснейшим образом увязывались с этой программой.

Не так уж трудно сегодня представить себе, как изменят нашу жизнь в обозримом будущем космические средства связи. Гигантская сеть каналов связи, подобно тонко сплетенной паутине, охватит земной шар. По этим каналам со скоростью света запульсируют телефонные,

телеграфные, радио- и телевизионные сигналы. Многократно усиленные и направленные, они пересекут страны, континенты, океаны над землей, в воздухе, через спутники связи выйдут в космос. Они достигнут любой деревушки или поселка на любом континенте. Никакие расстояния на планете уже не будут помехой для передачи звука и изображения.

Теперь не только писатели-фантасты, но и инженеры-реалисты предполагают, что к началу третьего тысячелетия в системах передачи информации, кроме традиционных средств, найдут применение индивидуальные приемопередатчики. Такую миниатюрную радиоаппаратуру, которая, подобно очкам и часам, не обременяла бы человека, вполне может создать современная радиоэлектроника. Для этих аппаратов достаточно энергии, получениой преобразованием, скажем, тепла человеческого тела. Естественно, персональная аппаратура связи будет маломощной, и ее сигналы непосредственно не дойдут до спутника. Но здесь окажут помощь промежуточные земные радиостанции, которые, собрав информацию от отдельных абонентов, передадут ее на спутник связи. Иначе говоря, каждый человек будет иметь возможность как бы подключиться к «Орбите».

Вдумайтесь, что это будет означать. Настанет время, когда мы сможем связаться с любым человеком, где бы он ни находился, — достаточно будет просто набрать нужный номер. Абонент автоматически выйдет на связь независимо от того, где он: в центре большого города, посреди океана или на пути через Каракумы. Одно это изменит нашу жизнь так же сильно, как уже сделал однажды телефон.

Вот что, например, можно увидеть мысленным взором. Лекции по телевидению выйдут за рамки аудиторий, а индивидуальные приемопередатчики и ЭВМ-переводчики позволят не только слушать, но и задавать вопросы лектору. Вместе с тем отпадет необходимость ездить куда-либо для участия в конференциях и собраниях. Видеотелефонные сети позволят участвовать в них, не отходя от домашнего письменного стола.

Вся история развития техники связана со стремлением человека повысить производительность труда, преодолевая физиологические границы своих возможностей. Создав машины, он превзошел свою мускульную ограничениость. ЭВМ расширила пределы его мыслительиой

деятельности. Приборы, в том числе средства связи в сочетании со спутниками, позволят одолеть информационную ограниченность, то есть резко увеличить возможности познания окружающего мира.

Нельзя, ясное дело, не учитывать, что массовое распространение индивидуальных средств радио- и телевизионной связи потребует колоссального увеличения количества каналов связи. Отсюда вырастают две важнейшие проблемы: освоение новых диапазонов частот, в том числе оптического, где широко будут использоваться лазеры, и коммутации каналов, то есть соединение абонентов между собой. Оптимальное решение этих задач возможно только на основе применения спутников связи.

Конечно, сегодня еще нет видеотелефонов размерами с наручные часы, еще нет эффективной глобальной системы связи, по которой можно связаться с любым человеком на Земле. Но мысли людей устремляются в будущее. А по мнению К. Маркса, человечество ставит перед собой такие задачи, которые оно способно решить.

## СПУТНИКИ ВЕДУТ КОРАБЛИ

Известно, что Колумб, следуя на запад строго по 28-й параллели, должен был выйти прямо к берегам Флориды. Однако его каравеллы пришли к одному из Багамских островов. Флотилию великого мореплавателя снесло к юго-западу, но он об этом узнать не мог — не позволил тогдашний уровень навигационного обеспечения. С тех пор моряки обзавелись точными картами, гирокомпасами, секстантами, радиосвязью, радиолокаторами. Однако подобные отклонения, как это ни парадоксально, возможны и в наши дни. Особенно в районах, где сеть береговых радионавигационных станций недостаточна, а погодные условия крайне неблагоприятны, чтобы определиться по Солнцу и звездам.

По данным статистики, ежегодно в морском флоте мира почти каждое шестое среди судов вместимостью более 500 регистровых тонн терпит аварию. Причем в половине случаев — по навигационным причинам: столкновения, посадки на мель, навалы. В результате каждый год только из-за этого гибнет 60—70 судов мирового торгового флота общим водоизмещением более миллиона тонн!

Одна из наиболее распространенных аварий — посадка на мель. Здесь особенно велик процент гибели судов. Например, за период с 1969 по 1973 год в подобную неприятность угодило 4 тысячи судов, 218 из них безвозвратно выбыли из строя. Другой вид навигационной аварии — столкновения — связан с постоянно растущей интенсивностью судоходства. Только через пролив Ла-Манш в сутки проходит 400—500 кораблей. Идут они днем и ночью, нередко в густом тумане. В таких условиях ошибка капитана чревата серьезными последствиями. Недаром три четверти всех навигационных аварий происходит вблизи берегов, или, как говорят моряки, в узкостях и на подходах к портам.

Хотя технические средства кораблевождения непрерывно совершенствуются, качество навигационного обеспечения судоходства во многих районах земного шара все еще отстает от сегодняшних требований. А ведь ошибки на морских дорогах теперь несут с собой огромную опасность не только для судна и его экипажа, но часто и для окружающей среды, животного мира морей и океанов. Нефть, вылившаяся из чрева гигантских супертанкеров, порой на многие километры покрывает побережье, вызывает гибель тысяч морских животных и птиц... Не так уж редко приходится узнавать о подобиых катастрофах из сообщений газет или радио, видеть по телевидению.

Вот почему специалисты разных стран обратились за помощью к космонавтике. Созданные и уже вступившие в эксплуатацию спутниковые навигационные системы оказались способными свести ошибки в определении места до ничтожно малых величин. С помощью аппаратуры, установленной на советских лайнерах «Михаил Лермонтов», «Александр Пушкин», «Одесса» и других, совершающих рейсы из Ленинграда к берегам Северной Америки, погрешность в проведении обсерваций не превышает 400 метров. Словом, высокая точность «космического кораблевождения» все больше привлекает морских штурманов последней четверти нашего столетия.

Суть метода определения места по сигналам из космоса вкратце такова. Скажем, шесть спутников, запущенных на высоту около тысячи километров, вращаются по орбитам. Они образуют как бы неподвижную сферическую «птичью клетку», внутри которой вокруг своей оси поворачивается Земля. Каждая точка на поверхности планеты проходит под каждой из шести орбит на

расстоянии, позволяющем определить положение объекта примерно два раза в сутки. Судовые приборы настроены на прием сигналов со спутника, непрерывно передающего сведения о своем положении по отношению к Земле. Сделав ряд нзмерений, ЭВМ выдает на световое табло или ленту телетайпа данные о широте и долготе корабля, его курсе и скорости, отмечает время измерений. Определять место иахождения можно независимо от условий погоды каждые два часа у экватора и через 30—45 минут в умеренных широтах. При этом никаких таблиц не нужно.

«Космическими навигаторами» осиащается сейчас все больше советских судов морского плавания. Использование спутииковой системы дает возможность выбирать оптимальный курс и, значит, снижать потери ходового времени, повышать производительность судна. Подсчеты зарубежных специалистов показали, что расстояние, пройдеииое в рейсе, за счет точного судовождения сокращается на один процент. А это дает экономию топлива в два-три процента.

Огромные перспективы открывает также использоваиие спутников для связи между судами и судов с берегом. Дело в том, что в перенасыщенном коротковолновом диапазоне связь иа 93 процента ведется в радиотелеграфном режиме и лишь на семь процентов — в радиотелефонном. К тому же перерывы в связи в некоторых районах земного шара достигают порой суток. Все это сильно затрудняет работу эксплуатационной, аварийной, диспетчерской и других служб.

Космонавтика, судоходство, связь — в этих понятиях переплетаются сегодия ие только вопросы безопасности мореплавания, охраны человеческих жизней в безбрежных просторах Мирового океана, ио и повышение экономической эффективности работы торгового флота. Яркий тому пример — событие, происшедшее в августе 1977 года, когда впервые в истории советский атомный ледокол «Арктика» достиг в надводном плавании Северного полюса. Успех этого сложного арктического похода стал возможен потому, что иаши мореплаватели располагали большим опытом освоения Севера, мощиым кораблем и совершенными техническими средствами судовождения и связи, включающими в себя новейшую спутниковую аппаратуру.

Выбор наивыгоднейшего пути в арктическом плавании зависит прежде всего от качества ледовой разведки

на маршруте. До сих пор ее вели с помощью самолетов и вертолетов. Теперь же им в помощь пришли спутники, которые несколько раз в сутки передавали из космоса информацию о ледовой обстановке на трассе перехода. Контроль за движением ледокола в малоизученных районах Северного Ледовитого океана тоже не обошелся без спутниковой навигационной системы. Капитан «Арктики» постоянно имел данные о местоположении ледокола и уверенно обходил опасные мелководные участки акватории.

Спутник, излучающий радиосигналы, стал удобным ориентиром, круглосуточным маяком для судов и самолетов. Теперь уже моряки и летчики, вычисляя с его помощью свое местоположение, убеждаются, что космическая техника верно служит совсем «не космическим» отраслям народного хозяйства.

## КАКАЯ ЗАВТРА ПОГОДА?

Пожалуй, нет человека, который не задавался бы этим вопросом. С незапамятных времен пытались люди разгадать переменчивый нрав земной атмосферы, подобрать ключи к поведению погоды, научиться ее предсказывать. И все же, как ни обширна сегодня сеть метеостанций, как ни многочислен и разнообразен арсенал точнейших приборов и методов, как ни богат опыт многолетних наблюдений, ошибки в прогнозах, увы, случаются не так уж редко. Между тем, если уверенно предсказывать погоду в масштабе планеты на пять суток вперед, то удалось бы избежать многих бед и несчастий, наиболее эффективно вести сельскохозяйственные работы, во многом облегчить работу моряков и авиаторов. По подсчетам специалистов, человечество только за счет этого могло бы сэкономить не менее 5 миллиардов долларов в год.

Ежедневные изменения погоды зависят от развития и движения атмосферных возмущений — волн и вихрей. Их горизонтальные размеры очень велики: от 500 до 5 тысяч километров. К тому же за сутки эти возмущения ухитряются преодолеть расстояние в сотни и даже тысячи километров. Чтобы уследить за ними, нужно наблюдать за состоянием атмосферы на площади примерно 7—8 тысяч квадратных километров. Прогноз на 3—5 су-



ток требует информации по меньшей мере с целого полушария Земли, а более длительный невозможен без сведений глобального характера. Откуда взять такую информацию, когда огромные пространства Мирового океана и суши малодоступны для метеорологов? Более или менее удовлетворительная сеть станций наземных метеорологических наблюдений существует в Европе, Северной Америке и частично в Азии. Что же касается всего южного полушария, тропических широт, океанов в северном полушарии, то в этих районах трудно даже приблизительно представить себе состояние атмосферы. Можно понять, с какими радужными надеждами и энтузиазмом восприняли метеорологи весть о запуске первого искусственного спутника Земли.

Очень скоро автоматические разведчики космоса принесли первые неожиданности. Оказалось, что атмосфера простирается на значительно большую высоту, чем предполагали ученые. Ее обнаружили на удалении нескольких тысяч километров от Земли, тогда как прежде считалось, что толщина атмосферы не превосходит сотни километров. Летом 1966 года многие газеты и журналы мира обошел снимок мощного циклона, разыгравшегося в Атлантическом океане вблизи острова Ньюфаундленд. Диаметр косматого вихря, образованного спиралевидными облаками, достигал двух тысяч километров. Этот снимок был сделан с борта советского спутника «Космос-122». Некоторое время спустя «Космос-144» обнаружил, что океан очистился ото льда на всем протяжении от острова Врангеля до Берингова пролива. В итоге навигацию по Северному морскому пути начали на месяц раньше обычного срока.

Надежды метеорологов оправдались. Они поняли: настало время вплотную заняться созданием спутниковой системы метеорологических наблюдений. Сначала в состав системы, получившей название «Метеор», вошли два спутника, потом три, одновременно находящихся в полете на разных орбитах. По сей день система «Метеор» регулярно подновляется: на смену выработавшему свой срок аппарату отправляется на орбиту новый. Уже запущено более тридцати «Метеоров». С их помощью зарегистрированы тысячи циклонов, уточнено положение десятков тысяч атмосферных фронтов. Они позволили успешно выбирать оптимальные маршруты для судов, бороздящих океаны. В результате удалось сократить в среднем на пять-семь процентов ходовое время. Это при-

несло значительный экономический эффект, не говоря уже о том, что уберегло многие суда от встреч с разбушевавшейся стихией. Кстати, по данным ЮНЕСКО, ежегодно спутники спасают от катастроф в океанах около 400 кораблей. Если же оценить выигрыш от своевременного оповещения людей с помощью спутников о тайфунах, штормах, наводнениях и других буйствах погоды, то сейчас только в нашей стране он составляет не менее полумиллиарда рублей в год.

Примеры такого рода можно без труда продолжать. Но дело даже не в этих, так сказать, сиюминутных выгодах. Многолетняя эксплуатация метеорологических спутников необычайно обогатила фундаментальные знания об атмосфере, о характере погодообразующих процессов в ней. Прежде всего снимки, регулярно получаемые из космоса, принесли незаменимые сведения о строении облачных систем, об особенностях их изменений, об их связи с теплыми и холодными фронтами, с циклонами и антициклонами, с тропическими ураганами.

...Они бегут, проплывают над нами — кучевые, грозовые, перистые, слоистые — всем привычные, обычные облака. Изредка мы любуемся их фантастической игрой в небе или разглядываем серую пелену, пытаясь найти хотя бы маленький просвет: не улучшится ли завтра погода? На подробные «предсказания погоды» отваживаются многие, но угадывают не чаще, чем ошибаются. Иной раз невзрачное облачко, на которое и внимания-то не обратишь, оказывается вдруг началом бури или урагана, а грозная, черно-синяя гряда клубящихся туч так и проходит стороной, не уронив ни капли дождя. Это, конечно, крайности, но между ними лежат бесчисленные варианты, из которых метеорологам надо выбрать один, чтобы точно предсказать, какая погода будет завтра, через неделю, через месяц.

Многое здесь уже ясно, но много и неизвестного. Таков процесс познания: когда картина в общих чертах усвоена, нужно подробно изучить мельчайшие детали. Тем более что «вечные странники» играют особую роль в жизни нашей планеты. Речь идет о точности долгосрочных прогнозов, о контроле над климатом Земли.

Если не вдаваться в подробности, изменения погоды за долгий срок определяются главным образом тем, как атмосфера получает энергию из окружающей среды в течение этого времени. Источник энергии известен —

Солнце. Но ведь оно посылает свои лучи каждую, скажем, весну, в общем-то одинаково. Тогда, спрашивается, почему весны бывают разными? Почему механизм передачи энергии атмосфере дает сбои и приводит год от года к столь неодинаковым результатам? Ответ пока есть один: регулятором изменения атмосферных процессов служат облака. Вот почему именно для наблюдений за ними была создана космическая метеорологическая система «Метеор».

В составе бортовой аппаратуры каждого метеоспутника — две телевизионные камеры. С высоты около 900 километров они регулярно передают на Землю снимки облачного покрова на дневной стороне планеты. Причем поступают они в режиме непосредственной передачи: изображения могут принимать наземные станции, оборудованные несложной аппаратурой и небольшой антенной. Через пять-десять минут после спутника на станции получают снимок облачного покрова и подстилающей поверхности площадью несколько миллионов квадратных километров. Съемка земной поверхности в ночное время проводится с помощью инфракрасной аппаратуры.

Однако метеорологов интересуют не только снимки с изображением облачного покрова на дневной и ночной стороне Земли. На метеоспутниках устанавливают еще и так называемые актинометрические приборы. Они регистрируют солнечную радиацию, отражаемую различными участками земной поверхности и атмосферы, их собственное тепловое излучение. Известен общий приход солнечной энергии на нашу планету, поэтому можно определить, как говорят ученые, радиационный баланс системы Земля — атмосфера. Этот баланс необходим для составления долгосрочных прогнозов погоды.

Чтобы оперативно принимать и обрабатывать сотни тысяч фотографий, которые одновременно поступают с нескольких спутников, на Земле построили специальные пункты. У нас в стране существует наземный комплекс приема, обработки и распространения метеорологической информации, действуют станции сбора сведений о погоде в разных районах страны. Они оснащены быстродействующими ЭВМ. После обработки информация поступает к потребителям в удобном для них виде. На снимки, передаваемые спутниками, наносится сетка географических координат. Изображения материков и облаков приведены к одному масштабу, освобождены

от перспективных искажений, и потому их легко сравнивать с синоптическими картами. Между прочим, такой анализ стал ежедневным во всех современных метеоцентрах. Данные актинометрической аппаратуры представляют собой цифровые карты с сеткой координат, на которых показаны изолинии. Готовая метеоинформация используется не только у нас в стране, но и для международного обмена. На основе спутниковой информации уточняются прогнозы погоды на трое суток вперед.

...Корабль пролетал над восточным побережьем Америки. Внизу Атлантический океан. Он почти весь закрыт облаками. Странно они выглядят отсюда, из космоса. Отличаются от тех, что можно увидеть из иллюминатора воздушного лайнера, летящего на высоте 8—10 тысяч метров. Но чем? Очень хорошо заметно, что облачность неоднородная, явно прослеживается вихревая структура. От центра к приферии вытянулись спиралевидные полосы облаков. «Так это же тропический циклон, — осенило меня. — Ну конечно, в центре зияет небольшое темное пятно — так называемый «глаз бури»...»

В каждом полете космонавты видят подобную картину, а в нынешних многомесячных рейсах, и не один раз. И все же проследить из космоса за возникновением и развитием хотя бы одного циклона не удавалось. Именно метеоспутники помогли ученым установить места зарождения тропических циклонов и пути их движения. Выяснилось, например: те из них, что властвуют в Индийском океане, рождаются в трех точках вблизи острова Ява. Теперь собрана и обрабатывается богатая статистика циклонов, их повадки подробно изучены. Эта регулярно получаемая со спутников информация легла в основу созданной службы оповещения о тропических циклонах. Многие ураганы были вначале обнаружены метеоспутниками и лишь потом зарегистрированы наземными станциями предупреждения. Жителям побережий сегодня заранее известно о грозящей опасности. Главное оружие слепой стихии — внезапность — перестало действовать. Этой победой мы, так сказать, обязаны целиком метеоспутникам.

Снимки с «Метеоров» зафиксировали и такое любопытное явление, как сдвоенный циклон. Это, по существу, два циклона, соединенных полосой сплошных облаков. Обнаружили метеорологи на космических снимках и сопутствующие друг другу тайфуны, разделенные почти 1000-километровым расстоянием. О возможности

таких явлений в атмосфере раньше лишь предполагали теоретики. По фотографиям со спутников достоверно выяснили, что некоторые районы в Тихом и Индийском океанах, считавшиеся раньше свободными от тропических циклонов и потому безопасными для мореплавания, в действительности подвержены набегам свирепых ураганов.

Надо сказать, что большинство этих сведений имеют не просто теоретическое значение — они важны для практиков. Ведь морские суда нашей страны бороздят сейчас и те районы Мирового океана, где систематически возникают тропические циклоны и тайфуны. Чтобы обеспечить безопасность и экономическую эффективность этих рейсов, необходимо постоянно следить за атмосферными процессами, например, во всем южном полушарии. Не остаются в стороне от этих забот и космонавты, работающие на орбитальных станциях.

— Погода у нас неважная. Лето проходит, а теплых дней маловато, — посетовал как-то оператор Центра управления в разговоре с экипажем «Салюта-6». — Не вы ли там эксперименты с ней проводите?

— Честное слово, ничего с погодой не делаем, — засмеялся В. Коваленок, — только ведем наблюдения за облачностью... Вы же знаете, у метеорологов есть трудности с прогнозированием, хотим помочь им. Совсем недавно они пообещали, что в Москве будут хорошие дни. Так ведь и случилось. Наверное, мы помогли. Теперь удвоим усилия.

Станция «Салют» и спутник «Метеор» периодически одновременно пролетают над одними и теми же районами планеты и оказываются как бы на одной вертикали. Орбита метеоспутника «повыше». Вот тогда-то космонавты проводят съемку облачного покрова. Сопоставление снимков из космоса, сделанных на разных высотах, с данными, собранными метеорологами на Земле, представляют особую ценность. Они позволили расшифровывать многие сложные процессы в атмосфере, более детально оценивать синоптическую обстановку в этих районах планеты.

Космическая система «Метеор» непрерывно совершенствуется и развивается. По спутниковым данным уже научились определять вертикальный профиль температур, что особенно важно для «охвата» пустынных районов и океанских просторов. Кроме видимого света и инфракрасных лучей, начинают применять и радио-

волны, которые способны дать большой объем информации практически при любой погоде. Не будет забыта, по-видимому, и лазерная локация с борта спутника, с помощью которой можно измерять ряд интересных характеристик атмосферы, например ее загрязненность.

В последние годы спутники «Метеор» стали использовать не только в метеорологических целях, но и для исследования природных ресурсов. Таков запущенный 29 июня 1977 года экспериментальный спутник «Метеор-Природа». Он впервые в нашей стране был выведен на новую, так называемую солнечно-синхронную орбиту. В отличие от своих предшественников этот спутник запущен против вращения Земли. Не вдаваясь в астрономические тонкости, отметим, что орбита позволяет ему практически постоянно находиться над освещенной частью Земли. Мало того, над одной и той же географической точкой «Метеор-Природа» каждые сутки появляется приблизительно в одинаковое время. Какие это дает преимущества? Прежде всего значительно возрастает производительность работы спутника. Уже при трехмесячном сроке активного существования она увеличивается вдвое по сравнению с прежним способом вывода в космос.

Далее. Съемка районов, расположенных на одной и той же широте, происходит в одно и то же время суток, значит, при постоянном угле возвышения Солнца над горизонтом. Таким образом, обеспечена постоянная экспозиция, стабильнее и качественнее становятся результаты съемки. А это, в свою очередь, упрощает обработку снимков, облегчает ее автоматизацию. Повторная съемка к тому же дает возможность прослеживать динамику изменений изучаемых объектов. «Метеор-Природа» присылает из космоса изображение земной поверхности в четырех участках спектра, причем в полосе шириной 1800 километров различимы детали размером от 1 километра, а в двух участках шириной 1200 километров — от 250 и 500 метров.

Данные с таких спутников обеспечивают надежную оценку состояния ледового покрова, границы снегов, интенсивность паводков крупных и средних рек, площадь затопляемых участков, очаги пожаров, состояние пастбищ. Пока работа спутника «Метеор-Природа» носит экспериментальный характер, тем не менее уже сейчас получаемая информация передается для практического использования министерствам геологии, сельского хо-

зяйства, мелиорации и водного хозяйства, рыбного хозяйства и другим ведомствам.

Как видите, возможности спутниковых методов наблюдення далеко не исчерпаны и могут дать службе погоды значительно больше, чем сейчас. Метеорологи совместно со специалистами по космической технике намечают планы будущих систем. Они предполагают, в частности, разместить спутники н пилотируемые аппараты вокруг Земли в три этажа. На первом — высотой 200—400 километров — корабли н орбитальные станции. С них удобно следить за быстротечными метеорологическими явлениями — ураганами, пыльными и песчаными бурями, приливами, цунами, обвалами.

Второй этаж составят спутники типа «Метеор» на полярных н прнполярных орбитах высотой 1000—1500 километров. Их назначение — поставлять информацию о процессах в атмосфере мелкого и среднего масштаба, но на более значительных территориях. Это необходимо для прогнознрования погоды в глобальных н локальных масштабах.

И наконец, третий этаж — метеорологические спутники на геостационарных орбитах высотой около 36 тысяч километров для непрерывного наблюдения за динамическими процессами в атмосфере. В поле зрения трех «внсящих» спутников попадает большая часть земного шара. Правда, с этих аппаратов не «разглядеть» таких мелких деталей, какие удается с аппаратов первого н второго этажей, но у них свои достоинства. Одновременный обзор большого пространства обладает, как говорят метеорологи, синоптическим характером. Если снимки повторять, скажем, через каждые полчаса, то можно считать, что наблюдения идут непрерывно. Ученые получат возможность точнее предсказывать ход событий в атмосфере. И тогда метеорология приблизится к своей заветной цели — управлению погодой.

Когда-ннбудь мы перейдем к активным действиям протнв ураганов, смерчей, тайфунов, которые ежегодно уносят тысячн жнзней, уннчтожают огромные материальные ценностн. После того как ураган родился и двинулся к побережью, бороться с ним практически невозможно, остается лишь подготовиться к его появлению. Но нз космоса можно вовремя увидеть, как рождается ураган, н если в этот момент вмешаться, воздействовать на него какнми-либо средствами, скажем, хнмнческими, то он так н не появнтся.

Артиллерийский обстрел туч, несущих в себе град, уже используется во многих странах. Распыление с самолета соответствующих веществ в облаке, чтобы оно пролилось дождем над горящим лесом, тоже находит применение. Конечно, это только первые шаги на пути к управлению стихией, погодой на планете. С Земли, к сожалению, многие образования в атмосфере обнаруживаются слишком поздно. Космонавты и метеоспутники способны увидеть их повсюду, где нет метеостанций, — над океанами и в горах, в пустынях и в тайге. Нелегко даже предположить, где лежат ключи к секретам управления погодой. Одно знаю точно: сегодня нет метеоролога, который не связал бы будущее своей науки с орбитальными станциями и космической службой погоды.

«Свой рабочий день мы обычно начинали с прогноза погоды, — шутят космонавты, трудившиеся на «Салюте-6», — это для тех, кто работает в Центре управления, ну и для друзей в Звездном городке. Теперь на Земле больше верят нам, чем прогнозам радио».

Я думаю, метеорологи не обидятся на эти шутки. Совсем скоро они сумеют точнее космонавтов отвечать на вопрос: «Какая завтра погода?»

## ЧТО ТАКОЕ «ЗДОРОВЫЙ ЧЕЛОВЕК»?

Кто может летать в космос? Этот вопрос сразу же встал перед медиками, как только конструкторы решили все технические проблемы полета человека на околоземную орбиту. С первого взгляда вроде здесь и вопроса-то нет: всем ясно, что космонавт должен быть абсолютно здоровым человеком. «А что это значит — абсолютно здоров?» — спросили уже сами себя медики. И оказалось, что ответить не так-то просто.

За тысячелетия существования медицины врачи накопили богатейший опыт диагностики и лечения самых разнообразных заболеваний. А здоровый человек, как это ни парадоксально звучит, был изучен несравненно меньше и хуже, чем больной. Не поэтому ли так было трудно всегда распознавать ранние и скрытые формы заболеваний? Ведь для этого надо очень чутко улавливать тонкую грань между здоровьем и болезнью, а значит, точно знать не только признаки отклонения от нормы, но и саму норму. Сейчас подобные соображения выглядят совершенно очевидными. Между тем медицина пришла к


СССР

ним именно в ту пору, когда ей пришлось вырабатывать научно обоснованные критерии отбора космонавтов, отвечать на тот самый вопрос: кто может летать в космос? Как видите, именно потребности космонавтики заставили врачей заняться всерьез образцово здоровыми, тренированными людьми. Так родилась космическая медицина. Ну а что это принесло землянам?

Год за годом медики в тесном сотрудничестве с инженерами, математиками, биологами и другими специалистами вели тщательные исследования, накапливали детальные знания о том, что представляет собой здоровый организм. Они во многом способствовали уточнению границы между нормой и отклонениями от нее в состоянии здоровья, обогащая врачебную практику новыми методами ранней диагностики и профилактики заболеваний. Например, космические медики определили критерии для выбора оптимального комплекса регистрируемых показателей при решении диагностической задачи с помощью электронно-вычислительной машины.

Наверное, мало в какой из областей медицины так широко применялись в исследованиях самые современные методы и технические средства, как в космической. Теперь многие из них становятся достоянием клинической медицины и практики здравоохранения. Первенство здесь принадлежит советским ученым. В качестве примера назову сейсмокардиографию — метод оценки работы сердечной мышцы. Он был создан в нашей стране для медицинского контроля состояния здоровья космонавтов и использовался во время всех космических полетов, начиная с корабля «Восток-5».

По этому методу регистрируются совсем слабые вибрации тела, вызываемые биением сердца. Такая сейсмокардиограмма дает врачу достаточно полное представление о частоте пульса и согласованности сердечных сокращений, об особенностях кровообращения. И притом на расстоянии от пациента, так как сигналы сейсмокардиографа можно передавать по радиолинии или по проводам. Теперь в клиниках все шире применяют подобную аппаратуру при исследовании больных с атеросклерозом и инфарктом миокарда, гипертонией, с пороками сердца. В большинстве случаев метод, рожденный космонавтикой, приносит хороший диагностический эффект.

Наша промышленность освоила сейчас производство и другой миниатюрной и надежной медицинской техни-

ки для постоянного дистанционного контроля состояния человека на основе космической биотелеметрии. Во Всесоюзном научно-исследовательском и испытательном институте медицинской техники, например, мне показывали небольшую коробочку. Из нее выходили тоненькие электроды. Стоило их приложить к груди, как из коробочки раздавались звуки разного тона — это «пела» электрокардиограмма. С помощью особой приставки «многоголосие» сердца довели до сведения ЭВМ, и она тотчас же «нарисовала» электрокардиограмму. Затем спустя считанные минуты поставила диагноз и предложила план лечения.

Волшебная коробочка вместила в себя и приемно-преобразовательное устройство и радиопередатчик. Она во много раз меньше и легче стационарной кардиографической аппаратуры и несравненно удобнее. Ведь исходную информацию можно вводить в ЭВМ, расположенную, скажем, в кардиологическом центре, где немедленно установят диагноз и дадут необходимые рекомендации. Любой участковый врач, отправляясь на дежурство с такой коробочкой, получит возможность своевременно оказать самую квалифицированную помощь даже в сложном случае.

В спортивной медицине, клинической практике, курортологии используются уже не отдельные образцы, а серийно выпускаемая в нашей стране радиотелеметрическая аппаратура. К ней относится прибор «Опыт-1» для регистрации электрокардиограммы и частоты пульса, «Опыт-4», который фиксирует четыре физиологических показателя, «Спорт», регистрирующий по одному показателю одновременно от четырех человек. Подобные методы и приборы помогают сегодня контролировать состояние больных во время операций и сразу же после них. Мало кого теперь удивляет, когда на курорте во время дозированной ходьбы, приема ванн, грязевых и других физиотерапевтических процедур пациентам прикрепляют миниатюрные коробочки телеметрических устройств. А давно ли такого рода приборчики были экзотической принадлежностью лишь экипировки космонавтов?

Космическая медицина накопила большой опыт изысканий и применения разнообразных технических средств врачебного контроля, внедрения инженерно-математических методов обработки и анализа получаемой в полетах медицинской информации. Решено немало конкретных

задач использования в этих целях ЭВМ. Все это служит основой нынешнего резкого повышения уровня технической оснащенности здравоохранения, клинической практики.

Хочу привести еще один пример довольно неожиданного земного приложения результатов, полученных космическими физиологами. Одна из серьезных проблем длительного полета в космосе состоит в том, что членам экипажа корабля или орбитальной станции поневоле приходится вести малоподвижный образ жизни — в ограниченном пространстве кабины особенно не разгуляешься. А такая, говоря словами медиков, гипокинезия или гиподинамия организму противопоказана. Начинаются неблагоприятные изменения в работе сердечно-сосудистой системы, в характере обмена веществ, в мышцах, даже в костных тканях. Пришлось, во-первых, обстоятельно изучить все эти изменения, во-вторых, найти пути поддержания организма космонавта в норме вопреки ограничениям их подвижности. Вот уж, казалось бы, чисто космические заботы. Ан нет...

Здесь, на Земле, мы хотя и не сидим сутками напролет в ограниченном пространстве — вполне можем пробежаться, размяться, — однако тоже испытываем воздействие гипокинезии. Широкое внедрение в производство и быт средств механизации и автоматизации, телевидение, транспорт сделали нас ленивыми, тяжелыми на подъем. Мы явно недостаточно двигаемся, как говорится, «на своих двоих». И это стало характерной особенностью нашего века — века техники, приобрело серьезную социальную значимость. Недостаточная физическая нагрузка потянула за собой рост заболеваний, прежде всего сердечно-сосудистой системы. И первыми бить тревогу начали космические медики. Именно они, изучая длительное пребывание здоровых людей в горизонтальном положении, выявили весь комплекс сдвигов, неблагоприятных для организма.

Таким образом, исследования воздействия недостаточной двигательной активности на человека обнаружили, с одной стороны, социальное значение проблемы, с другой стороны, они показали, что такой распространенный и привычный способ лечения, как строгий постельный режим, нуждается в критической переоценке. Слишком он осложняет организму возвращение к обычным условиям жизни и труда.

Итак, о гипокинезии космические медики узнали

немало. А что же придумано для того, чтобы предотвратить или хотя бы уменьшить ее влияние? Ведь разработка эффективных профилактических средств такого рода уже сегодня имеет большое значение, и оно будет возрастать дальше. В космической медицине испытаны десятки методов и средств, причем некоторые из них прошли успешную проверку непосредственно в космических полетах. Несомненно, они послужат не только людям, которые станут надолго улетать в космос. А кое-что используется на Земле и сегодня.

Вот, к примеру, как выглядит на орбите одно из средств профилактики гипокинезии. Это тренировочно-нагрузочный костюм с короткими штанишками — шортами, к которым прикреплены довольно тугие резинки. Они обеспечивают устойчивое вертикальное положение и создают нагрузку на ноги, имитируя «земное притяжение» силой до 50 килограммов. Костюм крепится к «бегущей дорожке», проще говоря, небольшому транспортеру. На нем можно ходить и бегать, оставаясь все время на месте. Чтобы не чувствовать металлических валиков под ногами — ботинки с толстой подошвой. Космонавт надевает костюм, включает пульт «ходьба», транспортер трогается, вместе с ним и ноги шагают, не отрываясь от уходящей дорожки. Пять минут ходьбы, а затем бег. При желании мотор можно не включать, а толкать транспортер усилиями ног. В общем-то, нехитрое сооружение, но позволяет костно-мышечной системе работать в привычном режиме.

Честно говоря, я и не предполагал, что такой вот «стадион на орбите», как его пышно величали журналисты в своих репортажах, может пригодиться на Земле. Однако в Центральном институте травматологии и ортопедии, как я узнал, смонтировали нечто подобное на стене. Больных, перенесших операцию на позвоночнике, подвозят к «бегущей дорожке», прикрепляют к ней резиновыми амортизаторами. Словно космонавты в невесомости, больные «шли» лежа. И при этом выздоравливали быстрее, чем при обычных методах лечения.

В «гардеробе» космонавтов есть еще два необычных костюма. Один создает в нижней половине тела разрежение, другой, наоборот, — избыточное давление. Если первый из них надеть на Земле, кровь сильнее устремляется к ногам, сердце вынуждено работать с дополнительной нагрузкой. На орбите же этот костюм заставляет сердце работать на прежнем, земном, уровне, по-

могая привыкнуть к невесомости. При возвращении на родную планету приходится думать о реадаптации, обратному привыканию к условиям земной гравитации. Сердечные мышцы, отвыкшие от обычной нагрузки и ослабевшие в невесомости, могут не справиться с резким оттоком крови от головы на Земле. Появится головокружение, а то и обморок случится. Поэтому перед спуском с орбиты космонавты надевают другой костюм — с избыточным давлением ниже пояса. Это помогает сердцу как бы «вспомнить» земные нагрузки.

Оказалось, что такие костюмы нужны не только космонавтам. Они пришлись кстати в клиниках, где больные вынуждены долгое время находиться в постели. Костюмы, создающие избыточное давление, способны предохранять от головокружения людей, которые начинают ходить после длительного лежания. Их уже опробовали в Институте хирургии имени А. В. Вишневского.

В поисках средств профилактики, защищающих космонавтов в полете от неблагоприятных воздействий окружающей среды, космическая медицина занялась и формакологическими препаратами, скажем, средствами, повышающими устойчивость организма к действию космической радиации. А они ведь нужны и на Земле — для предупреждения лучевой болезни. А медикаменты, способствующие повышению умственной и физической работоспособности космонавтов в условиях длительного напряжения? И они пригодятся не только в космосе.

Наконец, стоит упомянуть еще об одном направлении исследований, проведенных в интересах космической медицины и теперь широко используемых в народном хозяйстве. Я имею в виду изучение среды обитания в замкнутых помещениях, количественную оценку характеристик газовой среды, вредных примесей в воздухе, применяемых полимерных материалов и других веществ на борту кораблей и станций. До космических полетов гигиенисты практически не занимались этими вопросами. А они важны не только для космонавтов, но и для тружеников других профессий: водолазов и шахтеров, летчиков и операторов атомных электростанций, рабочих ряда специальных производств. Сейчас космическая медицина выработала научно обоснованные требования и нормы газовой среды, которыми руководствуются в соответствующих отраслях народного хозяйства.

Одно время было распространено мнение, что космическая медицина далека от нашей жизни, что, дескать,

ее удел — не земные дела, а космические, что она вся устремлена в будущее. Это верно: у космической медицины интересные, захватывающие перспективы. Трудно даже представить уровень ее развития, скажем, через 20 или 50 лет, когда межпланетные полеты станут такими же обыденными, как сейчас рейсы воздушных лайнеров. Но и сегодня эта наука не замкнулась в себе. Она все активнее и щедрее помогает медицине земной в борьбе за здоровье и жизнь людей.

## СДЕЛАЛИ ДЛЯ КОСМОСА — ПРИГОДИЛОСЬ НА ЗЕМЛЕ

...Мой «Союз-3» качнулся, и я услышал ровно гудение тормозного двигателя. Стало прижимать к креслу какой-то мягкой, но властной силой. Корабль соскользнул с орбиты.

Невольно про себя считаю минуты. На семнадцатой — снова толчок: спускаемый аппарат отделился от бытового и приборного отсеков, которые сгорят, вонзившись в плотные слои атмосферы.

Затрясло, будто едешь в телеге по булыжной мостовой: так встречает атмосфера. В иллюминаторе забегали быстрые язычки пламени. На стекло шлепнулись капли расплавленного вещества, оно темнеет от копоти, и мне уже не видно бушующего снаружи огня. Слышен только чудовищный гул. Время словно остановилось в ожидании чего-то тревожного и неотвратимого...

Двенадцать с лишним лет прошло, а спуск с космической орбиты помню по минутам — такое он оставляет впечатление. Но если отвлечься от пережитого и задуматься над технической стороной дела, то впечатлений не меньше. Какой поразительной прочности должна быть конструкция спускаемого аппарата, из каких стойких материалов сделана она, чтобы выдержать этот неистовый огненный смерч!

Поистине фантастических материалов потребовала космонавтика. Они обязаны выдерживать сверхнизкие и сверхвысокие температуры, вибрации, резкую смену напряжений и нагрузок. До космических полетов к материалам, энергетическим установкам, системам управления, медицинскому оборудованию никогда не предъявлялся такой букет невероятно жестких, порой противоречивых требований. И все удалось выполнить. В противном случае невозможными оказались бы не только

полеты пилотируемых космических кораблей, но и запуски простейших спутников.

Так появились конструкции и устройства с небывалыми характеристиками. Прежде всего это предельно малый вес и габариты, низкий уровень энергопитания, максимальная безопасность для космонавта, способность работать в любых экстремальных условиях, высокая надежность, возможность дистанционного управления и т. д. Для космических ракет потребовались легкие, но прочные сплавы. Их получили. Понадобилось сваривать эти сплавы, соединять с другими металлами — добились и этого. В космосе трущиеся детали из обычных металлов не в состоянии скользить, двигаться — они заклиниваются, «привариваются» друг к другу. Сумели придумать такие материалы, что они без смазки надежно работают в условиях вакуума и чудовищных перепадов температуры. Из них выполняли узлы трения на луноходах, в поворотных штангах антенн и панелей солнечных батарей.

Примеры можно приводить до бесконечности. Но, думаю, и так ясно, что создание сложнейших ракетно-космических систем, решение научно-технических проблем, связанных с полетом в космос, вызвали к жизни массу оригинальных и смелых идей, принципиально новых технических средств и конструкторских решений. Это не могло не отразиться благотворно на прогрессе многих научных и инженерных направлений, отраслей народного хозяйства.

Взять, к примеру, энергетику. Создатели магнитогидродинамических генераторов, в которых происходит прямое преобразование тепловой энергии в электрическую, столкнулись с немалыми трудностями. Среди них — отсутствие материалов, которые не плавились бы при температуре, близкой к 3000 градусов. Свои надежды найти выход энергетики связывают с опытом строительства космических кораблей.

Нечто подобное происходит сейчас и в отраслях науки и техники, занимающихся плазменными процессами. Для успешного освоения нового вида металлургии нужны особо жаропрочные материалы, которые создавались для космических кораблей. В специальной установке — плазмотроне — шихта плавится струей сильно ионизированного газа. Высокая температура, магнитные и электрические поля расслаивают шихту. В результате металлурги рассчитывают в плазмотроне получать чи-

стое железо, другие материалы, не встречающиеся в природе. Некоторые специалисты утверждают, что в будущем плазменные установки, обладающие необычно высокой эффективностью, вытеснят нынешние домны.

Специалисты отнюдь не космического профиля все настойчивее стремятся привлечь для земных нужд устройства и агрегаты, предназначавшиеся вначале только для космоса. Например, они пытаются сейчас сделать рентабельным применение элементов солнечных батарей в качестве источников электроэнергии в наземных условиях. Если учесть всевозрастающую стоимость и ограниченные запасы органического топлива — нефти, газа, угля, — то подобные замыслы не кажутся такими уж беспочвенными. Тем более что отдельные попытки, как утверждает зарубежная печать, дали обнадеживающие результаты. Считается, что солнечные батареи вполне себя оправдают, скажем, в системах связи и сигнализации на нефтепромыслах, железных дорогах, в портах. Разрабатываются даже системы кондиционирования и обогрева жилищ, на крышах которых предполагается разместить элементы солнечных батарей.

Приведенные примеры касаются более или менее отдаленных перспектив. Но можно взять их и из сегодняшней действительности. Вот, скажем, метод сублимирования — особого обезвоживания, которым сейчас пользуются при консервировании и долгосрочном хранении продуктов. Он по праву считается космическим. Его придумали, когда решали задачу подготовки запасов пищи для космонавтов. Технология изготовления теплоизоляционных рубашек для баков и топливных магистралей космических аппаратов породила способ производства водопроводных труб из стеклопластика. Принципы построения систем жизнеобеспечения космонавтов внедряются сейчас в техническом оснащении городского хозяйства, в частности, в системах канализации, переработки отходов, очистки воды, использования отводимого тепла, энергопитания. Наверное, мало кто знает, что скользящие покрытия для горных лыж и сковородки, на которых не подгорает пища даже без масла, имеют отношение к космической технике. Они сделаны из тефлона — пластмассы, разработанной в США по заказу ракетных конструкторов.

В недалеком будущем на прилавках магазинов появятся точно такие же молотки, какими пользуются в полете наши космонавты. Для того же, чтобы убедиться,

что молоток «космический», достаточно ударить им по твердой поверхности. В отличие от обычных молотков он не отскакивает после удара. Это сделано специально, потому что в условиях невесомости работать отскакивающим молотком чрезвычайно неудобно.

Конструкция молотка проста и в то же время остроумна. Его ударная часть полая, и в нее насыпаны металлические шарики. В момент удара нижние шарики устремляются вверх, а верхние продолжают двигаться вниз. Трение между ними и рассеивает энергию отдачи.

Инструменты для космических работ конструируют в Научно-производственном объединении по механизированному строительному инструменту и отделочным машинам. Кроме того, они тщательно отрабатываются и испытываются в условиях, приближенных к космическим.

Работа в невесомости — дело непростое. Вот представьте, что вы берете отвертку и выворачиваете шуруп. В условиях космического полета это привычное на Земле действие превращается в сложную проблему: ведь там вы не можете навалиться на отвертку всем весом своего тела. А вдруг шуруп не пойдет — неверное движение, и отвертка выскакивает из прорези, головка шурупа деформируется, от нее отделяется острая частичка, которая будет плавать, угрожая попасть в глаз или дыхательные пути...

На космических аппаратах многое закреплено на винтах — кстати, тоже необычных. На цилиндрических боковых поверхностях их головок имеются круглые углубления. Трубчатый конец отвертки надевается на головку винта, и шарики крепежного замка, заняв место в углублениях, жестко соединяют отвертку с винтом. Конструкция замка получилась настолько удачной, что ее решили использовать и для других целей. Ведь винты имеются во многих местах космического корабля или орбитальной научной станции. К ним с помощью того же замка можно прикреплять всевозможные ручки и ремни для фиксации тела космонавта.

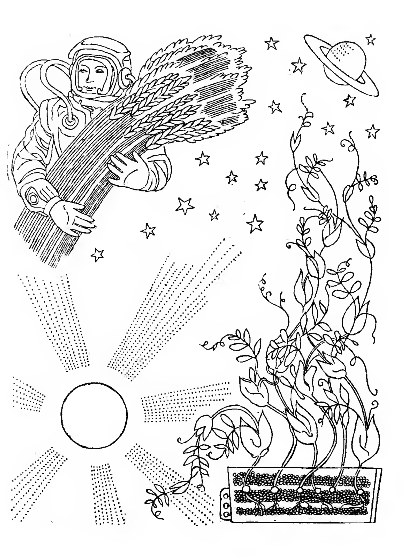
А вот еще один набор «неземных инструментов». В зависимости от потребности к основе присоединяют ту или иную рабочую деталь. Это могут быть кусачки, плоскогубцы, ножницы. Инструменты эти опять-таки непростые: благодаря двухрычажной системе передачи усилия рук космонавта увеличиваются многократно. Интересно сделано сверло специальной «космической» конструкции. Оно имеет коническую форму: чем глуб-

же в материал внедряется сверло, тем больше получается отверстие. Нажимать на сверло при работе не требуется: оно само втягивается в обрабатываемый материал.

Самым же универсальным из всех космических инструментов является безреактивный электрический привод, оснащенный целым комплектом насадок. Здесь и дисковая пила, и отвертка, и своеобразные кусачки, и перфоратор, и многое другое. Электропривод отличают абсолютная электробезопасность, почти полная бесшумность. А главное — во время работы с ним руки не чувствуют ни вибрации, ни отдачи. У космического инструмента есть теперь множество «собратьев», которые трудятся на земных стройках.

С каждым годом все обширнее и многообразнее области практического применения на Земле добытых в космосе знаний, открытых космической наукой и техникой методов, средств и возможностей. Одно только использование уже имеющихся достижений космонавтики в различных сферах деятельности человека приносит сегодня весьма солидные плоды. Например, американские специалисты считают, что эти плоды ежегодно дают прибыль, которая превышает 200 миллиардов долларов. Не берусь судить о достоверности этих подсчетов, но в одном уверен: космос с лихвой вернет землянам свои долги, если можно так назвать средства и затраты, которых стоил прорыв за пределы нашей планеты. И произойдет это гораздо быстрее, чем мы думали еще несколько лет назад.

# «ОГОРОД» НАД ОБЛАКАМИ



Начиналась третья неделя работы космонавтов на борту «Салюта». Но сама станция в космосе находилась уже два месяца, совершив 1000 оборотов вокруг земного шара. Командир экипажа Г. Добровольский и инженер-испытатель В. Пацаев отдыхали. Дежурил на связи бортинженер В. Волков — «Янтарь-2».

Деловые переговоры с Землей закончились, осталось несколько минут просто для беседы.

— «Янтарь-2», как настроение? — поинтересовалась Земля.

— Как настроение? Нормально, — ответил В. Волков. — Только вот, когда ребята спят и не с кем перекинуться словом, чувствуешь себя не совсем уютно в этом космическом доме. А какая у вас там погода?

— Неважная стоит погода — пасмурно, ветер, дождь, — пожаловался оператор.

— А здесь, на орбите, Солнце в иллюминаторах прямо слепит, — тоже не слишком радостно сообщил В. Волков.

— Значит, дождя у вас нету? — пошутила Земля.

— Нет у нас дождя Нет ничего земного вокруг — одна космическая красота!

— За растениями наблюдаете? — поспешил с вопросом оператор.

— Еще бы! — оживился бортинженер. — Даже чаще, чем предусмотрено программой. К зеленым росточкам у нас отношение особое. Растения — наша радость. Ухаживаем за своим космическим огородом, стараемся. Растут наши овощи хорошо.

— Поливаете аккуратно? — с невозмутимой серьезностью спросила вдруг Земля.

— Шутники, — засмеялся В. Волков, — попробовали бы поливать в невесомости — легче воду в решете носить.

Потом, дня через три, в телевизионном репортаже Г. Добровольский как бы продолжил рассказ бортинженера.

«Мы постоянно наблюдаем за этими растениями, — говорил он, — нам доставляет удовольствие следить за тем, как они прорастают. И мы ежедневно по нескольку раз заглядываем в наш зеленый уголок. Растениям здесь созданы нормальные условия. Они дважды в сутки подпитываются специальным раствором и освещаются тре-

мя специальными лампами. Этот контейнер с нашими любимцами называется «Оазис». Кроме него, есть еще блок, в котором размещены водные бактерии, дрожжи, хлорелла...»

Человеку свойственно ощущать свою причастность к земной природе, где бы он ни находился. Но когда оказываешься за пределами родной планеты, это воспринимается особенно остро. Обратите внимание, с каким волнением и теплотой рассказывают космонавты о том, как выглядит Земля с высоты орбиты. Ну а если вместе с ними путешествует в безжизненной пустоте космоса кусочек живого мира, то забота о «земляках» становится прямо-таки нежной. Даже когда эти «земляки» — зеленые стебли обыкновенного гороха. Именно его, кстати, выращивали на «Салюте-4» А. Губарев и Г. Гречко, а затем вновь посадили участники следующей экспедиции — П. Климук и В. Севастьянов.

«Оазис» — это специальная установка для культивирования растений в условиях невесомости. Во время работы на «Салюте-4» первой экспедиции она преподнесла неожиданность: капилляры искусственного заменителя почвы вдруг стали подавать излишек воды. Г. Гречко возился с установкой несколько дней, но все же ухитрился так изменить водоснабжение, что первые космические ростки гороха были получены.

Биологи ликовали — самый настоящий горох! Впервые в космосе растения прошли тогда полный цикл развития от семени до взрослого стебля. По возвращении на Землю растения обмерили, сфотографировали и зафиксировали в углекислоте. По внешнему виду их невозможно было отличить от земного гороха. Хотя вовсе не исключено, что в строении клеток, например, кое-какие отличия будут найдены. Правда, смущало ученых одно обстоятельство: из 36 зерен, помещенных в «Оазис», взошло и выросло только... три. Такой всхожестью, как вы понимаете, никак не похвалишься. В чем же дело?

Не имея надежных данных о том, как влияет невесомость на развитие растений, авторы эксперимента положили зерна в свой «Оазис» как попало. На Земле, естественно, корень всегда уходит в почву, вниз, а росток тянется к свету. А как быть горошине в космосе, где нет ни верха, ни низа? Куда ей прорастать?

Выяснилось, что горошине подсказывает, как быть, не гравитация, а генетически заложенная в нее так на-

зываемая полярная ориентация: если проросток направлен к свету, то корень непременно в противоположную сторону. Значит, стоит только помочь горошине — заранее сориентировать ее так, чтобы корешок уткнулся в почву, а проросток направился к свету, — и всходы обеспечены. В ином случае растение погибнет.

Предположение ученых проверяла вторая экспедиция на «Салюте-4». П. Климук и В. Севастьянов захватили с собой на орбиту усовершенствованный «Оазис» и семенной материал. Расположили зерна в соответствии с заданием. И вот на десятые сутки биологи, преодолевая нетерпение, запрашивают космонавтов: как, мол, там растения?

— Все в порядке, — спокойно докладывает В. Севастьянов, — можно собирать урожай — стрелки лука уже достигли 10—15 сантиметров.

— Какие стрелки, какого лука? — обомлели сначала на Земле, но быстро спохватились: — Понимаем, это шутка, мы же вам давали горох, а не луковицы.

— Были у нас семена гороха, верно, — сжалился над биологами бортинженер, — но мы прихватили с собой из дома и две луковицы, посадили их, так сказать, сверх плана. А горошины почти все взошли, теперь подрастают. Так что в космосе жить можно!

Однако дальнейшие опыты с растениями, проведенные в более длительных полетах уже на борту орбитальной станции «Салют-6», принесли ученым немало новых сюрпризов. Тот же горох вопреки заверениям В. Севастьянова, что в космосе жить можно, почему-то никак не мог там выжить. Раз за разом высаживали его в «огороде над облаками», семена прорастали, растения нормально развивались и... погибали. «Космических» семян никак не получалось, хотя уход за растениями организован был не только тщательный, но даже, я бы сказал, он был сверхзаботливым. Космонавты каждодневно возились в своем «огороде», лелеяли каждый росток, а результат все тот же — сохранить их не удалось. Какие-то рахиты вырастают в невесомости...

Тем не менее ни ученые, ни космонавты не опускают рук, не теряют надежды. Они по-прежнему рады и таким уродцам в «космическом огороде».

— «Фотон-2», вас просит на связь биолог, — вызывает как-то Земля А. Иванченкова. Тот не откликается, и за него отвечает командир экипажа В. Коваленок:

— «Фотон-2» по грибы пошел.

Все в дежурной смене Центра управления заулыбались, но в шутке была солидная доля правды. На борту «Салюта-6» проходил тогда эксперимент по выращиванию грибов в специальной установке. А. Иванченков действительно решил посмотреть, что происходит на космической грибной «плантации», проконтролировать, говоря научным языком, ход эксперимента. Потом эта фраза «пошел по грибы» часто звучала с борта «Салюта» и по разным другим поводам.

Грибы на «плантации» росли весьма странные. Ножки у них завивались, перекручивались и мотались из стороны в сторону, словно пытались найти себе опору, не понимая, что их лишили главного — земного тяготения. Но даже к таким уродцам космонавты проявляли участие, нежно о них заботились. Вновь подумалось: какой удивительно стойкий интерес вызывает все живое, создавая своеобразную психологическую поддержку в трудной работе. Недаром космонавты теперь непременно берут с собой на орбиту дополнительные семена по собственной инициативе: кто укроп, кто петрушку, кто чеснок, кто лук...

Конечно, растения на борту орбитальных станций появились не только и не столько потому, что своим зеленым видом они радуют глаз космонавтов, напоминая о родной планете, сколько в целях гораздо более существенных.

Человеку необходимо дышать, пить, есть. Как говорится, при любых обстоятельствах — будь он во льдах Антарктиды, в пекле Сахары или на дне океана. Ничего тут не поделаешь — так уж мы устроены. Природа держит нас как бы на поводке, и, надо сказать, очень коротком. Полторы-две минуты без кислорода — и...

На борту космических станций мы сумели приспособиться к отсутствию привычной на Земле тяжести, но никогда и нигде нам не удастся обойтись без кислорода, воды, пищи. Космонавты успешно работают на орбите уже по нескольку месяцев кряду. Они пользуются при этом запасами кислорода, воды и продуктов, взятыми с Земли. Сможем ли мы и в дальнейшем довольствоваться такой системой жизнеобеспечения? Несомненно, если иметь в виду полеты в течение вполне определенного времени и только на околоземной орбите, где помогут грузовые транспортные корабли типа «Прогресс». А вот, скажем, для межпланетных экспедиций, которые продлятся годы, устроить на борту корабля



кладовую иеобходимых продуктов иевозможно, она займет непомерно много места. Остается одио — создать на корабле-плаиетолете такне условня, при которых ои превратился бы, по существу, в своеобразиую «миииЗемлю». Иначе говоря, придется органнзовать так называемый замкнутый цикл жнзни, снстему круговорота веществ, выполияющую фуикцнн земной бносферы.

Еще в начале века К. Цнолковскнй, предвидя проблемы освоеиня космоса, предлагал использовать для этих целей растеиня, их замечательиое свойство — поглощать углекислый газ и вырабатывать кнслород. В его представлении снстема замкнутого цнкла жизни выглядела как оранжерея. «Тогда ие придется более расходовать запасов кнслорода н пнщн, — утверждает К. Циолковскнй устамн одного нз героев своей кинги «Вне Землн», — избыток растений нам даст и то и другое. Все наши выделения и отбросы также целиком будут поглощаться. Мы будем брать от растеинй столько же, сколько и давать им...»

Подобные космическне оранжерен, цветущне сады за пределами иашей планеты для современной космонавтикн — голубая мечта, дело отдаленного будущего. Однако сама идея круговорота веществ, как теперь говорят, вполне конструктнвна, то есть поддается реализаини н на нынешней технической осиове. Во всяком случае, учеиые уже давно задумались иад путямн ее осуществлення, хотя бы н частнчио.

### ОТ ХЛОРЕЛЛЫ ДО ПШЕНИЦЫ

В поисках подходящнх растнтельных организмов специалисты обратилн виимание на хлореллу — мнкроскопнческую зеленую водоросль. Специалнстам прнглянулись ее уииверсальиые свойства. Правда, обычные «сухопутные» растеиия дают кнслорода больше, чем хлорелла, но явио ие могут с ией сопериичать в другом отношеннн: слишком оии громоздки, заннмают много места. К тому же хлорелла ие только «генератор» кислорода, но и вполие съедобиая биомасса, содержащая почтн все иеобходимые человеческому органнзму вещества. Оиа иаполовнну состоит из белка, а другая ее половниа — это жиры, углеводы, витамииы.

Начались широкне опыты с хлореллой и иа Земле и в космосе. Например, в Красиоярском институте фнзи-

ки Сибирского отделения АН СССР построили компактный культиватор хлореллы. Он поглощал углекислый газ, выделяемый человеком при дыхании, а под светом мощной лампы водоросли вырабатывали кислород. Испытатели неделями жили в герметической кабине и дышали кислородом, который обеспечивал культиватор. Кюветы общей поверхностью около восьми квадратных метров, содержавшие хлореллу «живым весом» всего-навсего полтора килограмма, полностью удовлетворяли потребности в кислороде одного человека.

С небольшой химической доочисткой через культиватор хлореллы совершала круговорот и вода.

Эти и многие другие эксперименты убедительно показали, что хлореллу удобно использовать в космосе как источник кислорода и воды. Технически вполне возможно построить автоматизированную бортовую установку на основе хлореллы, которая успешно будет соперничать с традиционными физико-химическими регенераторами кислорода и воды, разумеется, в случае достаточно длительного срока действия. К тому же совсем недавно обнаружена у хлореллы и еще одна очень ценная для космонавтики способность — очищать атмосферу от вредных примесей. Но на пищевом фронте позиции знаменитой водоросли оказались не такими прочными. Человеку трудно привыкнуть к пище из водорослей, даже если она очень полезна и питательна.

Вот почему ученые продолжают искать других кандидатов на роль биологических звеньев систем жизнеобеспечения, в том числе и среди высших растений. В свое время К. Циолковский, например, ратовал за бананы. Теперь же специалисты предпочтение отдают растениям попроще, таким, как картофель, пшеница, свекла, редис, капуста, морковь.

Между прочим, подбор культур для космического огорода — дело далеко не простое. Только у нас в стране возделывается свыше четырехсот видов съедобных растений, и у каждого из них есть свои достоинства. Первое, что требуется от претендента на космическую судьбу, — высокая урожайность. Не менее важен и состав получаемой биомассы. Комплекс растений надо подобрать так, чтобы был обеспечен наиболее полезный, питательный «букет» веществ.

В ежедневном рационе человека большая часть по весу принадлежит углеводам. Кому из растений можно поручить роль их поставщика? Пока называют среди

главных претендентов картофель, свеклу и пшеницу. Почему пока? Дело в том, что эти растения возделывались только в полевых условиях. О том, насколько удастся их приспособить для космических оранжерей, ничего не известно. В этом отношении они для специалистов знакомые незнакомцы. Развернули опыты по их выращиванию в контролируемых условиях, на различных питательных почвах, чтобы выяснить, как эти растения ведут себя при искусственном освещении, решить другие вопросы. Эксперименты показали, например, что урожай картофеля в подобных условиях повышается в два раза.

От опыта к опыту растения, что готовятся к полетам в космос, как бы заново открываются для человечества. И это не может не сказаться на земной сельскохозяйственной практике.

Так космос приучает по-новому взглянуть на природу, использовать ее ресурсы наиболее эффективно, наиболее полно.

Проверку проходят и те качества, на которые прежде не обращали внимания. Кого могло интересовать, как картофель будет реагировать на действие радиации? А для космических оранжерей это важно. Вдруг под воздействием космических излучений картофель, допустим, переродится и через несколько поколений его клубни окажутся несъедобными? Или произойдут с ними другие какие-то метаморфозы?

Не менее важно заранее убедиться и в том, что растения будущего «заоблачного огорода» совместимы с человеком. Ведь есть немало представителей зеленого царства, с которыми мы прекрасно уживаемся, когда они растут на воле, но стоит оставить их на ночь в доме, как может случиться неприятность, а то и беда. Речь идет о летучих веществах, выделяемых растениями в процессе их «дыхания». Таким дорога в космос должна быть надежно закрыта, иначе они могут оказать неблагоприятное воздействие на космонавтов.

Тщательно и разносторонне исследуют ученые характер и возможности растений, прежде чем рекомендовать их в космический полет. Был проведен, например, уникальный эксперимент, во время которого три испытателя целый год находились в «земном звездолете». К герметической кабине, где жили испытатели, подключалась оранжерея с высшими растениями. В кюветах на специальных смолах, насыщенных необходимыми для раз-

вития растений элементами выращивались капуста, кресс-салат, укроп, огуречная трава. Эта небольшая оранжерея работала в режиме конвейера — все время была свежая зелень. Каждые сутки участники эксперимента имели нужное количество зеленой массы, богатой витаминами. Ученые убедились, что в герметически замкнутом помещении можно выращивать высшие растения, многократно используя воду, и что они совместимы с человеком — не оказывают друг на друга неблагоприятного влияния.

В другом похожем эксперименте «биологическое звено» образовали из трех частей: человека, культиватора хлореллы, о котором я уже упоминал, и специальной камеры с искусственным климатом — фитотрона, где росла пшеница. В течение длительного времени испытатели находились в герметическом помещении и дышали воздухом, кислород для которого предоставляли хлорелла и пшеница в обмен на углекислый газ. Был налажен и круговорот воды в этой замкнутой системе. Все три ее составные части показали полную биологическую совместимость.

Любопытно, что в этом эксперименте испытатель сам занимался возделыванием пшеницы, выступал, так сказать, в роли хлебороба. Установка, заменявшая поле, представляла собой герметичную камеру с прозрачной крышкой; сквозь нее круглые сутки лился свет. «Почвой» служили планки с отверстиями, в которые высевались зерна. Корни и стебли через отверстия выходили наружу. Корни периодически омывались питательным раствором. Пленки свободно перемещались, поэтому ширину междурядий можно было легко регулировать, чтобы наиболее рационально использовать освещаемую площадь. Плоды своих трудов испытатель в прямом смысле «вкушал сам», так как из выращенного зерна выпекался хлеб.

Ряд экспериментов с несколькими испытателями (общей длительностью — 6 тысяч часов) привел ученых к выводу, что конвейерное возделывание пшеницы на площади 20 квадратных метров способно обеспечить растительную долю белковой и значительную долю углеводной части суточного рациона одного человека. Длительность непрерывного действия системы превышала сто суток, а жизнь человека в ней — три месяца. При этом не обнаружено никаких биологических препятствий для дальнейшего увеличения сроков работы всей системы.

Тысячелетиями кормила пшеница людей. Неспроста они выбрали этот злак — у него бесценные пищевые достоинства. В пшеничном зерне наилучшее сочетание между белками и углеводами. Нет ничего удивительного, что именно пшеницу включили ученые в число первых кандидатов для космических оранжерей. Думаю, сказался здесь и чисто психологический фактор: человеку в долгой разлуке с Землей очень трудно будет обойтись без хлеба.

Все эти предположения, планы, опыты и эксперименты нуждаются, не будем этого забывать, в проверке космосом. Правда, кое-что уже пригодилось и на Земле. Например, в Советском Союзе построена установка полупромышленного типа для выращивания хлореллы. В честь первых советских космических кораблей ее нарекли «Востоком». С квадратного метра поверхности установки за сутки получают 15 граммов хлореллы в сухом виде. Летом с одного гектара можно собрать более ста центнеров чистого белка. Это почти в 25 раз больше, чем дает гектар картофеля или пшеницы. Плантации хлореллы — теперь в этом убедились — неисчерпаемый источник белков, которые нужны не только пищевой промышленности, но и животноводству, птицеводству как добавка к кормам. Сейчас налаживается производство хлореллы в промышленных масштабах. Видите, как получилось: еще окончательно неясно, попадет ли хлорелла с космонавтами в полет, а она уже нашла себе применение на Земле.

Ну а как же складывается космическая судьба растений? Надо сказать, не слишком-то благополучно. «Огород над облаками» дал только стебли пшеницы и гороха, да и те развивались лишь до цветения, а потом погибали. Хорошо рос лук, но стрелки его, по отзывам космонавтов, были водянистыми и горькими. Попробовали вырастить корнеплоды — морковь, редис. И снова результат неутешительный.

Тогда биологи решили обмануть космос с его коварной невесомостью. Во время очередной экспедиции на «Салюте-6» В. Ляхову и В. Рюмину поручили провести эксперимент с небольшой центрифугой «Биогравистат». Внутри прибора моторчик вращал ротор со скоростью один оборот в секунду. Тем самым создавалась искусственная гравитация, приблизительно соответствующая земной на уровне моря. Семена огурцов и других растений высевались произвольно, но корешки прорастали

в одном и том же направлении — всегда от центра. Словом, семена вели себя так, будто они высажены в земную почву. И хотя полет продолжался почти полгода — 175 суток, огурцы вырастить так и не удалось. Вернувшись на Землю, В. Рюмин сообщил, что посадил перед уходом со станции четыре огуречных семечка. «А что, — сказал он, — посмотрим, вдруг вырастут огурцы?»

Надо же было случиться такому, что В. Рюмину со следующей экспедицией довелось вновь отправиться на «Салют-6». И он не преминул этим воспользоваться. В одном из первых телесеансов с орбиты В. Рюмин с торжествующим видом показал изумленным биологам настоящий, полновесный огурец, якобы выросший на станции за его отсутствие. Конечно, догадались, что это был муляж, но в Центре управления полетом смеялись от души: уж очень неожиданным оказалось это вещественное доказательство.

### «И НА МАРСЕ БУДУТ ЯБЛОНИ ЦВЕСТИ»

Шутки шутками, но, как утверждают ученые, высшие растения в космосе развиваются иначе. Изменения происходят, по-видимому, на клеточном уровне. Но об этом ученые знают еще очень мало. Не могут они ответить и на вопрос: почему растения в космосе не цветут. Впрочем, совсем недавно зацвели.

...На космодроме шла подготовка к запуску «Прогресса-6» — грузового транспортного корабля. Началась его загрузка, и вскоре все узнали, что готовится необычная посылка — цветок. Первый, космический... Конечно же, тюльпан. Нет, не из тех, что цветут по весне вокруг стартовой площадки Байконура. Ученые не поступаются интересами науки — у них свой взгляд на цветы. Тем не менее каждый понимал: комонавтам будет приятно получить с Земли столь красивый подарок.

«Бутон почти распустился, — пояснили биологи, — но зацвести тюльпан должен в космосе. Разумеется, что прежде всего это часть исследовательской работы, проводимой на борту «Салюта-6». Мы пробуем выяснить влияние невесомости и других факторов полета на растения. Ну а тюльпан к тому же еще и символ весны, проявление нашей заботы о людях, которые два с половиной месяца трудятся на орбите».

Ничего из этой затеи не получилось. Космонавты с грустью сообщили, что тюльпан так и не расцвел — завял на следующий день. И трава почему-то не растет — поливай ее, не поливай...

Потом, когда космонавты вернулись из полета, В. Ляхов сказал в сердцах: «Судя по всему, в космосе никто жить не может!» — «Кроме, конечно, космонавтов, — добавил, улыбнувшись, В. Рюмин. — Значит, надо летать, чтобы там могли жить не только космонавты».

Не думал он, конечно, в этот момент, что так скоро для него наступит время следующего старта на орбиту. Ведь на Земле В. Рюмин пробыл после почти полугодовой работы на «Салюте-6» меньше, чем в космосе. И вот снова полет. Снова потянулась бесконечная череда дней и ночей, вместивших старты, посадки, стыковки, перестыковки, разгрузки «Прогрессов» — те самые операции, что требуют полного напряжения от экипажа и Центра управления. «Тихих» недель не было — все 185 суток полета заполнила работа. Зато были радости и победы, большие и маленькие — всякие.

День космонавтики, 12 апреля 1980 года, Л. Попов и В. Рюмин встречали на «Салюте-6». В небольшом контейнере размером с посылочный ящик они привезли с собой на орбиту... цветы. В установке под названием «Малахит» находилось несколько разновидностей цветущих орхидей. Правда, у них не было запаха — в жизнь космонавтов на орбите нельзя вносить ничего заранее не проверенного, — но это были настоящие, живые цветы — первые в космосе.

Орхидеи цвели несколько дней. Космонавты следили за развитием растений, ухаживали за ними, поливали опрыскиванием, проводили воздушный обдув корней. Орхидеи почему-то сбросили прежние листья и обзавелись новыми. «Много удовольствия нам доставили биологические исследования, — вспоминал потом Л. Попов. — И когда мы отправили установку «Малахит» с орхидеями на Землю, то почувствовали какую-то потерю, на станции стало не так уютно».

Однако на «Салюте-6» Л. Попову и В. Рюмину довелось еще раз порадоваться цветам. В конце экспедиции на борт станции прибыл советско-вьетнамский экипаж — В. Горбатко и Фам Туан. Они привезли с собой цветовые блоки, в которых подрастал арабидопсис — небольшое высшее растение. Он-то и справился

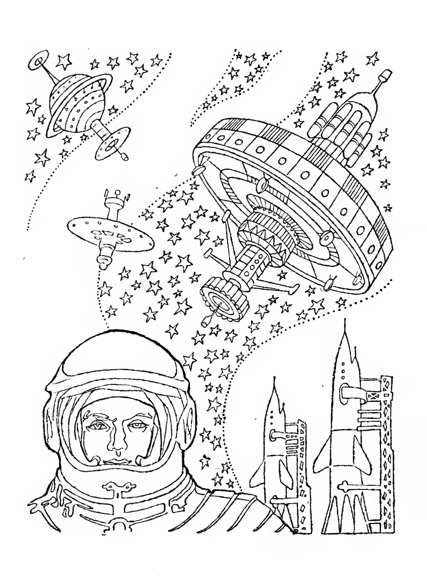
с невесомостью — не только вырос, но и зацвел. Потом, уже в земных условиях, получили наконец семена растений, выращенных на орбите.

«На этот раз, — удовлетворенно рассказывал В. Рюмин, — мы порадовали биологов. До сих пор никак не удавалось довести растения до стадии цветения и получить семена в космосе. Арабидопсис успешно прошел эту критическую стадию. Уверен, со временем появятся оранжереи, которые будут давать космонавтам и кислород и пищу».

Что ж, скорее всего так и будет. Ученые наверняка подберут со временем соответствующие растения, отработают эффективную технологию их выращивания в невесомости. И как знать, может быть, не за горами время, когда слова из популярной песни «И на Марсе будут яблони цвести» прозвучат совсем не так фантастически, как мы их воспринимаем сегодня.

Я верю в то, что человек освоит космос, станет его полноправным властелином. Он построит на Луне города, вырастит марсианские сады, раскроет тайны планет, научится использовать их ресурсы, проложит дорогу к звездам. И в этом походе во вселенную ему не обойтись без зеленого друга — растений.

# ЧЕРТЫ БУДУЩЕГО



## НЕМНОГО ИСТОРИИ

Вероятно, не может быть человека, которого бы не интересовало его будущее. Такого рода любознательность, я думаю, заложена в нашей человеческой природе. Вместе с тем ясно отдаю себе отчет в том, что рано или поздно обнаруживается нелепость любых попыток предсказывать будущее в каких-либо деталях. Поэтому решил поставить перед собой более реалистическую, хотя и ограниченную, цель: поразмышлять лишь об одном аспекте будущего — его космической технике.

Не буду при этом касаться того, что называется сейчас научной фантастикой. Признаюсь, я неравнодушен к ней и считаю, что критическое чтение добротной научно-фантастической литературы очень полезно всякому, кто хочет заглянуть вперед больше, чем на десять лет. Но себя не считаю пригодным на роль предсказателя будущего, тем более писателя-фантаста. Мне ближе и доступнее участвовать в пропаганде космических достижений, разобраться самому в том, какими путями идет космонавтика в грядущее, и попытаться рассказать об этом любознательному читателю. И здесь я прихожу к мысли, что люди, не знающие, о чем мечтали в прошлом, вряд ли сумеют составить представление о будущем. А потому счел нелишним немного напомнить об истории космических свершений. Она ведь не так уж и длинна — прошло около четверти века после запуска первого искусственного спутника Земли, чуть более двадцати лет отделяют нас от первого полета человека в космос.

В 1958 году, когда в конструкторском бюро С. П. Королева только началась работа над будущим первым космическим кораблем «Восток», ее участников уже занимал вопрос: а что же дальше? Одни считали — Луна, другие — Марс, третьи — орбитальные станции. Споры, как рассказывали мне очевидцы, бушевали яростные. В одном все сходились — путь к развитию космических полетов человека лежит через решение проблемы сближения и стыковки аппаратов и кораблей на орбите.

Вот почему уже через год после исторического полета Ю. Гагарина было решено проектировать новый корабль, который позволял бы отработать все вопросы сближения и стыковки. Одновременно замышлялось увеличить продолжительность полета, улучшить условия

жизни и работы экипажа, снизить перегрузки, действующие при возвращении на Землю, расширить возможности для проведения исследований и экспериментов. Речь идет о корабле, который получил впоследствии название «Союз». И наверное, справедливо именно 1962 год считать календарным началом работы над орбитальными станциями.

Создание корабля «Союз» заняло несколько лет, и первый его полет с космонавтом на борту состоялся в апреле 1967 года. Закончился он трагически: во время посадки на Землю погиб летчик-космонавт СССР В. Комаров. Катастрофа произошла из-за неполадки в работе парашютной системы. Полтора года ушло на дополнительные испытания системы приземления. И в октябре 1968 года на «Союзе-3» мне довелось продолжить полеты кораблей этого типа.

В 1969 году стало ясно: проблема сближения и стыковки космических аппаратов практически решена. Пора было делать и саму станцию, пора, говоря военным языком, завоевывать плацдарм в области пилотируемых орбитальных станций.

Наступление развернулось широким фронтом. В создании станции участвовали многие коллективы различных конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов. По ходу дела видоизменялся и «Союз». Его превращали в транспортный корабль для обслуживания орбитальной станции.

19 апреля 1971 года первая в мире орбитальная станция «Салют» была выведена в космос. Она пробыла на орбите до 11 октября, то есть почти полгода. На борту «Салюта» в течение 23 суток жил и работал экипаж в составе Г. Добровольского, В. Волкова и В. Пацаева. Космонавты выполнили небывалое по тому времени множество исследований и экспериментов, а главное — испытали первую орбитальную станцию в полете. При возвращении экипажа на Землю в корабле «Союз-11» еще до входа в атмосферу произошла авария — разгерметизация кабины спускаемого аппарата. Экипаж погиб.

Полеты в космос — работа трудная и опасная. Несмотря на все совершенство космической техники, каждый старт на орбиту — это всегда поединок с неведомым. И порой победа в нем достается самой дорогой ценой. Прошедшие годы, огромные успехи в освоении космоса не сделали космос покладистее, уступчивее. Оттого до сих пор и, вероятно, еще многие годы профес-

сию космонавта будут считать героической, а работу в космосе — сродни подвигу.

После гибели космонавтов на «Союзе-11» в конструкцию корабля внесли ряд изменений. На всех наиболее сложных участках полета: выведение на орбиту, стыковка и расстыковка, спуск — космонавты теперь надевают скафандры, чтобы обезопасить себя в случае аварийной разгерметизации корабля.

В последующие годы были построены и запускались на орбиту несколько станций «Салют». В семействе «Салютов» шестой его представитель занял особое место — это первая станция второго поколения. Сейчас, когда она успешно служит космонавтике уже несколько лет и о ней подробно и много рассказано, я вспоминаю, как мы, конструкторы и космонавты, прикидывали в 1971 году, каков должен быть ее внешний облик.

Облик этот рисовался нам тогда довольно туманно. Во многом, рассуждали мы, он будет зависеть от того, какие ответы получит космическая медицина. Если человек сможет прожить в космосе, скажем, полгода-год, то орбитальные станции надо будет делать в расчете на замкнутый круговорот воды, воздуха, пищи, с большими оранжереями. Если же срок безопасного пребывания на орбите окажется не больше нескольких месяцев, то и облик станции будет другим. Ее выведут на орбиту, проверят бортовые системы, как на тогдашнем «Салюте», и время от времени на станцию будут прилетать экспедиции космонавтов с запасами продуктов и топлива. Возможно, придется использовать грузовые ракеты. Очевидно, у станции будет несколько причалов: у одного будет швартоваться транспортный корабль вроде «Союза», а к другим смогут подходить грузовые и пассажирские корабли.

Как видите, наши прогнозы вполне оправдались и нарисованный воображением вид будущей станции почти полностью совпал с «Салютом-6». Из чего мы исходили в своих предположениях?

Не очень сложные подсчеты показали, что только запасов средств жизнеобеспечения космонавтов требуется около десяти килограммов на человека в сутки. А к этому нужно добавить топливо и оборудование, которое приходится заменять в ходе полета. Если все прикинуть вместе, то окажется: для обеспечения работы станции в пилотируемом режиме в течение двух лет надо иметь на борту около двадцати тонн запасов. Но это больше

массы всего «Салюта». Таким образом, срок эксплуатации орбитальной станции фактически прямо зависит от ее снабжения. Значит, не обойтись без грузовых транспортных кораблей для доставки на борт станции оборудования, пищи, воды, кислорода, топлива и т. д.

Для того чтобы станция могла принимать эти грузовые корабли, на ней установили еще один стыковочный узел со стороны агрегатного отсека и новую объединенную двигательную установку, которая способна дозаправляться в полете топливом от грузовых кораблей. Вот так и родился научный орбитальный комплекс «Салют-6» — «Союз».

Станция нового поколения была запущена в 1977 году. За прошедшие годы число экспедиций космонавтов, в том числе и международных, побывавших на ней, перевалило за полтора десятка, много раз причаливали к станции грузовые корабли «Прогресс». Важнейший итог успешной работы в космосе «Салюта-6» состоит в резком увеличении длительности пребывания космонавтов в условиях невесомости, благодаря чему наша страна прочно заняла лидирующее положение в мировой космонавтике — она вышла и уверенно шагает, используя выражение товарища Л. И. Брежнева, по «магистральному пути человека в космос».

## ЧТО ЖЕ ДАЛЬШЕ!

Все, кто непосредственно занят космической работой, давно столкнулись с таким вот противоречием. С одной стороны, планирование программы, управление полетом должно быть безупречно четким. Иначе говоря, все расписано по дням, виткам, иногда по часам и минутам. А с другой — неизбежно возникает необходимость вносить поправки, уточнения, новые элементы в график работы на борту. В поисках компромисса между возможным и желаемым очень часто решающая роль и принадлежит экипажу. Вспоминаю такой эпизод.

Потребовалось срочно сфотографировать земную поверхность в интересующем ученых районе. Для этого надо перезарядить фотокамеры. Работы не менее чем на два часа. А космонавты, это были В. Коваленок и А. Иванченков, заняты другим делом. Потом у них медицинские обследования, отдых, сон. Сокращать эту часть графика Центр управления разрешить не может.

Что делать? Видно, придется отказать ученым в их просьбе. Так и поступили. Однако утром космонавты докладывают: «Камеры перезарядили, к съемке готовы».

Им не передавали ни указаний, ни распоряжений, ни даже просьбы. Но они, понимая необходимость эксперимента, решили все сами, поступившись отдыхом. Время на орбите не только дорого — его еще и очень мало. Сон — 8—9 часов, завтрак, обед, ужин — 1,5—2 часа, ведение радиосвязи — 1—1,5 часа, физические тренировки — почти два часа, ну и личное время хотя бы два часа. Много ли тут остается на рабочие операции? Потому и необходимо, чтобы экипаж занимался в основном перенастройкой оборудования, корректировкой программы исследований, ремонтом и профилактикой, то есть сознательной, целенаправленной деятельностью, где автомат не в состоянии соперничать с человеком. Там же, где можно, конструкторы стремятся снять часть забот с экипажа, прибегают к автоматике.

И все же я убежден, сколь бы полно ни удалось автоматизировать управление космическими аппаратами и проведение научных исследований, роль космонавтов на борту по мере увеличения длительности полетов будет возрастать. Ведь ради чего, в сущности, мы наращиваем продолжительность космических рейсов? В конце концов, чтобы выяснить возможности работы и обитания в околоземном космическом пространстве. Со временем оно станет необозримым полем практической деятельности людей. Тогда уже не отдельным космонавтам, а большим коллективам придется трудиться в космосе. И они будут опираться на опыт первых длительных экспедиций на орбиту.

Вот, кажется, и я подошел к тому моменту, когда пора заглянуть в будущее. А чтобы этот взгляд был не только моим субъективным мнением — человека, хотя и непосредственно участвующего в космической работе, но не занимающегося созданием техники, я решил привлечь к размышлениям еще и Конструктора. С тем, чтобы каждый из вас — Автор, Космонавт и Конструктор — как бы в заочной беседе приоткрыл доступное ему представление о будущем космонавтики. Не исключаю, что где-то наши точки зрения разойдутся. Тогда время и читатель нас рассудят. Итак, начинаем наше путешествие в грядущее.

*Конструктор.* Обращаясь в будущее, и не столь уж

отдаленное, мысленно представляя «Салюты» следующего, третьего, поколения, их главную черту вижу не в простом увеличении объема. Собственно, она не была скрыта от взгляда конструкторов и раньше и от станции к станции выявляется все заметнее: мы стремимся к тому, чтобы максимально автоматизировать рабочие процессы на борту, сделать их непрерывными. Это основной путь совершенствования станций. Уже сейчас созданы средства, почти полностью автоматизирующие управление на борту и обеспечивающие (при наличии связи с Землей) возможность полета корабля и станции в автоматическом режиме. Если бы этих средств не было, мы не имели бы сейчас связных спутников-ретрансляторов, метеоспутников, автоматических межпланетных станций.

*Автор.* Выходит, что со временем человеку нечего будет делать на станции? Не думаю. Непосредственный контроль процессов, идущих на станции, возможен сейчас только в пределах зоны радиовидимости наземных командно-измерительных пунктов. А в этих зонах станция находится не более 20—30 процентов общего времени полета. И пока считается необходимым поручать экипажу контроль за процессами, которые хотя бы частично происходят вне зоны радиовидимости, а особо важные из них держать под двойным контролем — экипажа и Земли.

Ну а если в ходе автоматического полета обнаруживаются недопустимые отклонения, то кто, кроме экипажа, в состоянии взять на себя управление? Человек здесь сможет выполнить роль резервного логического, счетно-решающего и командного устройств. Немало подобных случаев было в прошлом, найдется им место и на станциях «Салют» даже третьего поколения.

*Конструктор.* И все же следует стремиться к тому, чтобы полностью освободить человека от контроля за управлением бортовой аппаратурой, анализа ее состояния. Разумеется, это осуществимо лишь при условии увеличения надежности работы аппаратуры без участия экипажа. Здесь есть два пути.

Первый — переложить все эти функции на наземные службы. Но тогда необходима непрерывная радиосвязь на линии Земля — орбитальный комплекс. Этого можно добиться либо за счет увеличения и равномерного распределения на поверхности суши и океанов приблизительно 200—300 командно-измерительных пунктов, либо за счет использования спутников связи на стационар-

ных орбитах. При нынешнем уровне техники управление и связь через ретрансляторы вполне реальны. Причем на Земле можно обеспечить практически непрерывный оперативный контроль и анализ состояния орбитального комплекса, выдачу команд в любой нужный момент. Правда, достигается все это дорогой ценой: слишком велика загрузка наземных служб и явно мала автономность станции.

Если число кораблей и станций увеличится, Земля не справится. Так что в будущем, по-видимому, окажется целесообразнее другой путь. Он предусматривает установку на борту надежных и достаточно мощных вычислительных машин, способных обрабатывать и анализировать результаты измеренных параметров, которые характеризуют работу и состояние комплекса, его систем.

Однако оба способа решения вопросов надежности и безопасности, пожалуй, не смогут исключить участие космонавтов в случае возникновения опасной ситуации, но только в этих, аварийных, случаях. Как правило же, космонавты не должны будут отвлекаться на решение этих вопросов.

*Автор.* Зато ремонтно-профилактические, наладочные и другие работы по обслуживанию станции, например, перенос из грузового корабля доставленного оборудования, его установка, подключение, регулировка и настройка, да просто уборка помещения, шлюзование отходов — все это ляжет на плечи людей. Здесь, по-моему, вовсе не удастся заменить человека.

*Конструктор.* Действительно, такие операции без экипажа можно выполнить только с помощью роботов, которые немногим будут уступать человеку. Но дело это далекое, непомерно сложное, хотя в принципе осуществимое. Так что обслуживание станции, видимо, надолго останется за человеком.

*Автор.* Возьмем теперь проведение исследований и экспериментов. Допускаю, что, если разбирать каждую отдельную задачу, то, видимо, можно найти способ автоматизировать процесс ее решения. В космосе работают многочисленные спутники научного назначения, включая и автоматические астрофизические обсерватории. Широко используются автоматы для фотографирования из космоса, проведения технологических, биологических экспериментов. Но возникает при этом немало осложнений, когда надо обеспечить, скажем, пе-

резарядку кассет, технологических печей или термостатов. А как, например, автомату самому оценить, «стоит ли проводить съемку — не слишком ли много облаков»? Человек все это способен сделать быстрее и лучше. Наверное, такого рода работы тоже целесообразно оставить за человеком и в будущем.

*Конструктор.* Но все это приводит к тому, что, с одной стороны, космонавт сильно перегружен, с другой — снижается эффективиость всего орбитальиого комплекса. Выход, видимо, в том, чтобы автоматизировать все, что без чрезмерных усилий можно автоматизировать. Конечно, за человеком останется большое количество экспериментов и наблюдений, например, визуальные наблюдения, которые невыгодно автоматизировать. Главные же задачи человека на орбитальном комплексе — получать новую и неожиданную информацию, перерабатывать ее и принимать незапрограммированные, но нужные в даиный момент решения.

*Автор.* Значит, можно утверждать, что у человека есть прочный плацдарм — орбитальная многоцелевая лаборатория. Сейчас его присутствие на борту комплекса предоставляет нам максимальные возможности проводить разнообразные исследования и эксперименты, менять программу работы в ходе полета.

*Конструктор.* Тем не менее у пилотируемых орбитальных комплексов впереди отнюдь не «безоблачное небо». Вопрос о месте человека на орбите, о иеобходимой степени непосредственного его участия в космических работах далеко еще не решен окончательно. Есть сторонники активного участия человека, есть и противники. И трудно сказать, кого больше. Очевидно, что решение определенных задач в космонавтике с использованием автоматов существенно дешевле. Как разобраться в этих противоречивых соображениях?

*Автор.* Кроме логических доводов за участие человека в работах на орбите, о которых мы уже говорили, нельзя же сбрасывать со счетов естественное стремление расширить сферу жизни и деятельности, проникнуть в новые области. Извечное стремление к новому, любознательность, самоутверждение — все это глубоко присуще человеку — в этом его природная особенность. Трудно себе представить, что, имея принципиальную возможность построить межпланетные корабли, человечество откажется их использовать, не рискнет отправить когда-нибудь экспедиции для глубокого ис-

следования планет солнечной системы. Но и это, может быть, не основное направление будущей деятельности человека в космосе. На горизонте не слишком отдаленного будущего — создание в космосе промышленных объектов. Имеющиеся сейчас результаты технологических экспериментов на орбите обнадеживают. Они показывают, что может оказаться вполне целесообразной организация промышленного производства уникальных материалов, кристаллов, оптического стекла, биологических препаратов. В любом случае все это трудно представить без участия человека.

*Конструктор.* Есть еще одно направление, в котором человеку принадлежит едва ли не главная роль. Я имею в виду строительство на орбите солнечных электростанций для снабжения Земли энергией. Эта проблема привлекает все большее внимание специалистов разных стран. Учитывая ограниченность топливных ресурсов на планете, все более обостряющуюся проблему загрязнения атмосферы теплоэнергостанциями, опасности, связанные с загрязнениями природной среды, имеет смысл исследовать возможность получения электроэнергии с помощью солнечных орбитальных электростанций мощностью в несколько миллионов киловатт.

В состав такой электростанции, находящейся на стационарной орбите, должны входить устройства сбора солнечной энергии и ее преобразования в электрическую, устройства преобразования электроэнергии в излучение микроволнового диапазона и передатчики энергии на Землю (по радиоканалу) с помощью остронаправленной антенны, средства ориентации сборников энергии на Солнце и передающей антенны на заданный пункт на поверхности Земли, где энергия радиоизлучения будет приниматься и преобразовываться в электроэнергию.

Оценки показывают, что масса такой электростанции составит величину порядка 100 тысяч тонн, а диаметр передающей антенны — около одного километра! Уже из этих данных ясно, что на пути создания электростанции стоят грандиозные трудности. При этом существенное значение имеют стоимость доставки грузов на орбиту, стоимость монтажа станции на орбите и стоимость полуфабрикатов.

Если условно принять примерно равное распределение расходов, отнесенных к этим трем основным статьям, то, чтобы подобное производство энергии было рен-

табельным, стоимость доставки одной такой станции на орбиту должна составлять около пятидесяти рублей за килограмм. Надо сказать, что современные средства доставки на орбиту и стоимость оборудования (например, стоимость килограмма солнечных батарей) обходятся во много раз дороже. Например, планируемая стоимость доставки оборудования с помощью американской многоразовой транспортной системы составляет примерно 350—500 долларов за килограмм. Таким образом, чтобы решить эту задачу, нужно по крайней мере на порядок (в десять раз) снизить стоимость доставки и при этом обеспечить возможность создания гигантского потока грузов на орбиту. Ведь если говорить о солнечных орбитальных электростанциях, то их создание будет иметь смысл только в том случае, если они смогут внести существенный вклад в земную энергетику.

В настоящее время мощность всех наземных электростанций составляет около одного миллиарда киловатт. Учитывая, что создание орбитальных электростанций возможно не ранее 2000 года, и принимая суммарную мощность таких станций также порядка одного миллиарда киловатт, только доставка оборудования и элементов электростанций на монтажную орбиту для дальнейшей сборки потребует 500 тысяч полетов таких кораблей, как разрабатываемые сейчас в США транспортные корабли «Спейс шаттл». Если предположить, что такая программа займет 25—50 лет, то придется осуществлять 10—20 тысяч запусков в год.

По всей видимости, для реализации программы солнечных орбитальных электростанций потребуется создание других транспортных систем, способных доставлять на орбиту в одном полете 200—400 тонн при стоимости доставки грузов на орбиту в 10—20 раз дешевле, чем с помощью «Спейс шаттл». Даже при наличии космического флота из 50—100 таких перспективных транспортных кораблей введение в строй одной-двух орбитальных электростанций в год вызовет необходимость осуществить около 20 запусков каждого из этих кораблей в год.

Помимо доставки оборудования и элементов конструкций электростанций на монтажную орбиту, необходимо производить их сборку, транспортировку собранных станций или их частей на стационарную орбиту. Конечно, для того чтобы вести все эти работы,



придется создавать на монтажной орбите автоматизированные заводы, которые из полуфабрикатов, привезенных с Земли, например, лент для сварки труб будущих ферм, будут производить фермы, панели батарей, элементы радиоантенн и т. п.

*Автор.* Однако для ведения таких работ потребуется не только автоматизированные заводы, механизмы и т. п., но и персонал, который будет управлять производством, осуществлять монтаж орбитальных электростанций. Следовательно, на орбите придется создавать производственно-жилые комплексы, включающие в себя орбитальные станции (откуда можно было бы вести управление комплексом, где люди могли бы жить, отдыхать и т. п.), а также сборочные стапели, заводы по производству деталей станций.

*Конструктор.* Несмотря на все эти трудности, проблема создания рентабельных солнечных орбитальных электростанций не выглядит практически неразрешимой. Уже сама постановка задачи обычно наталкивает специалистов на несколько вариантов ее возможного решения. Все проблемы технически поняты, и, как правило, это означает, что они в принципе осуществимы. И если эксплуатация солнечных орбитальных электростанций, возможно, будет одной из основных областей промышленной деятельности человечества в космосе в будущем веке, то гораздо раньше, по мнению некоторых специалистов, станет возможным получение на орбитальных станциях электроэнергии, способной воздействовать на земной климат.

Действительно, направляя потоки энергии с помощью специальных излучателей на центры образования циклонов, тайфунов, на отдельные точки метеорологических фронтов (при подборке соответствующих диапазонов излучения), можно рассеивать эту энергию на земной поверхности или на заданной высоте атмосферы Земли, воздействуя на нежелательные метеорологические процессы.

Словом, производственная деятельность, возможно, станет в будущем основной сферой деятельности человека на орбите вокруг Земли, как в составе отдельных станций, так и на борту научно-прикладных и производственных комплексов, имеющих народнохозяйственное значение. Так что согласен, что и в будущем большая роль человека в работе на орбите вполне очевидна,

несмотря на предполагаемый значительный прогресс в автоматизации множества отдельных операций.

*Автор.* С каждым годом все больший объем народнохозяйственных задач решают средства космической техники. Далеко не последнее место принадлежит здесь орбитальным станциям типа «Салют». На ближайшее время это наиболее перспективная космическая система. «Салюты» рассчитаны, как известно, на многочисленные полеты экипажей из двух-трех человек. Однако уже сейчас правомерно подумать и об отдаленном будущем.

*Конструктор.* Со временем может оказаться целесообразно строительство станций, которые смогут работать годы и даже десятилетия и принимать сменяемые экипажи численностью до 10—20 человек. В перспективе ничто не помешает выводить в космос и более крупные многоцелевые комплексы, рассчитанные на экипажи из 50—70 и даже 100 человек. Сейчас орбитальные станции запускают в космос одной ракетой-носителем, так сказать, сразу в готовом виде. Большие орбитальные комплексы удобнее выводить в космос по частям и собирать с помощью одной-двух стыковок. А в дальнейшем для еще более сложных комплексов, наверное, понадобятся специальные монтажно-сборочные операции. Достоинства унификации подсказывают, что было бы рационально взять за основу стандартные конструктивные блоки, вес и габариты которых обусловлены характеристиками ракеты-носителя. В одном блоке оборудован, скажем, отсек экипажа, во втором — помещения для отдыха, а ряд других оснащен разнообразной аппаратурой и т. д. Такой подход к конструированию станции будущего позволит по мере надобности наращивать новые и новые блоки различного назначения, соединяя их в сложный комплекс.

*Автор.* Техника сборки станций из блоков расширит для космонавтов диапазон рабочих операций на орбите. По-видимому, вовсе необязательно оснащать каждый блок двигателем для сближения и стыковки. Их достаточно вывести в определенный район космоса, где расстояние между ними составит несколько километров. Последующее сближение блоков и сборку в единый комплекс выполнит специальный корабль. Назовем его космическим буксиром. Большие запасы топлива для двигателей, особые радио- и телевизионные системы обеспечат экипажу буксира возможность со-

вершать необходимые маневры в космосе, перемещая блоки и сводя их в общую конструкцию.

*Конструктор.* Конечно, эту работу может выполнять буксир в виде пилотируемого корабля. Однако вполне резонно вести речь и о буксире, способном собирать в космосе крупную орбитальную станцию без участия космонавтов. Не исключен и третий вариант: дистанционное управление космическим буксиром с Земли. Напомню, прообраз подобной системы — наши луноходы, которые по командам из наземного центра вполне успешно действовали на лунной поверхности. Придется, видимо, предусматривать эффективное сочетание космонавтов-монтажников, автоматизированных систем и управляемых с Земли манипуляторов.

*Автор.* Признаком всех существующих транспортных систем и современных ракетоносителей является то, что они одноразового действия. Отработавшие ступени сгорают при входе в плотные слои атмосферы, тонут в океане или разбиваются о Землю, а возвращаемые части кораблей тоже не годятся для повторного полета. Но так будет, вероятно, не всегда.

*Конструктор.* Вообще говоря, транспортный мост «Земля — орбита — Земля» непрерывно наращивает свою, так сказать, производительность. И все же в обозримом будущем поток грузов останется практически односторонним — с Земли на орбиту. Многое из того, что выводится в космос, так и не возвращается обратно: сгорает в атмосфере или надолго застревает на орбитах. Между прочим, в околоземном пространстве всевозможных спутников, фрагментов ракет-носителей и других остатков от космических аппаратов насчитывается уже около пяти тысяч. Если так дело пойдет и дальше, то через 50 лет вокруг нашей планеты окажется столько всякого лома, что возникнет серьезная опасность для космоплавания. Поэтому в дальнейшем придется предусматривать какие-то меры, чтобы избежать «засорения» ближнего космоса подобными объектами. Некоторые из них, видимо, удастся вновь использовать либо в целом виде, либо как стройматериал. Но такую возможность надо заранее закладывать в конструкциях аппаратов. Почему бы, к примеру, не воспользоваться топливными баками последней ступени ракеты-носителя для их переоборудования в космосе под помещения орбитальной станции?

Таковы наиболее существенные черты не слишком отдаленного космического будущего планеты. Но, конечно, далеко не все.

### НАШ ДОМ — ВСЕЛЕННАЯ

«Новейший американский истребитель F-15 стремительно, почти по вертикали набирал высоту. Под его фюзеляжем была подвешена ракета весом в полтонны. На высоте почти 30 километров летчик по команде с Земли нажал кнопку пуска. Длинное и тонкое тело ракеты рванулось в черное небо космоса. Мелькнул оранжевый хвост ее двигателя, но летчик его уже не видел. Крутым виражом он бросил машину вниз.

Пролетев около 100 километров, ракета выбросила из своего чрева небольшую коробку. Какую-то долю секунды она летела вместе с ракетой, затем резко изменила направление. Меньше, чем через минуту, на космической орбите произошла мини-катастрофа: спутник связи противника разлетелся на куски, словно в него врезался снаряд...»

Это не отрывок из сценария очередного американского фильма о войне в космосе, которую любят смаковать иные зарубежные кинодеятели. Таким хотят видеть, судя по описанию газеты «Нью-Йорк таймс», боевое применение одного из вариантов противоспутникового оружия, создаваемого сейчас в США. Приведены в газете и высказывания пентагоновских генералов. Их суть такова: «Перехват спутников и их уничтожение вполне возможны. Поскольку нет соглашения, запрещающего это оружие, было бы желательно для Соединенных Штатов располагать средствами борьбы со спутниками».

Уже не досужие кинофантазеры, а официальные представители Пентагона на страницах газет и журналов с охотой рассуждают о том, как они могли бы вести военные действия за пределами атмосферы. Иные из них считают, что вооруженные конфликты неизбежно перенесутся и в космос. «Там, где есть вещи, представляющие ценность, мы будем драться за них, — разбушевался однажды бывший министр ВВС США Г. Марк. — Когда будет готов челночный космический корабль, который сможет взять на борт в десять раз больше полезного груза, чем любая из существующих

ракет, количество ценных вещей в космосе быстро возрастет».

Не удержался от прогнозов милитаристского будущего для американской космонавтики даже недавний астронавт Т. Стаффорд. Он тоже выступил с рассуждениями на тему о необходимости создания в ВВС США боевых космических кораблей, таких, что способны взлетать с обычных аэродромов, выходить за пределы атмосферы для выполнения заданий и возвращаться на свою базу. Как полагает Т. Стаффорд, эти двухместные, так сказать, орбитальные истребители поступят на вооружение американских ВВС еще до конца нашего века. Они будут оснащены лазерным оружием, способным в космосе выводить из строя спутники, другие космические аппараты и корабли. «80-е годы будут десятилетием лазера, — предсказывает отставной астронавт и похваляется: — В США уже имеется самолет, оснащенный лазером. Проведены эксперименты, при которых этим лазером на лету были уничтожены маленькие беспилотные самолеты-мишени».

Да, совсем не безмятежное будущее у космонавтики. И в нем отражаются противоречия и проблемы нашего беспокойного века. Техника и политика. Земля и космос. Все связано в один узел. Грандиозные, беспрецедентные за всю историю человечества научно-технические достижения века, небывало усилившие мощь земной цивилизации, неизмеримо повысили и ее ответственность. Любой ложный шаг сегодня может привести к непоправимым последствиям. Речь идет уже не о судьбах отдельных государств и народов, а о существовании самой планеты. Не такая уж она необъятная, не такая вечная и прочная, как казалась еще совсем недавно. С космических орбит это видно особенно отчетливо. Сокровенные тайны природы, разгаданные учеными, отдали в руки человечества такие фантастические силы, что, если ими неразумно воспользоваться, они способны разрушить и саму Землю.

Не одни только материальные выгоды дает космос землянам: они само собой разумеются. Принципиально новая техника, бесспорно, открывает перед людьми и принципиально новые возможности. Это естественно и понятно.

Но есть еще и другое. Космическое будущее человечества измеряется не выгодами, которые оно сулит,

а своей осуществимостью. В освоении космоса заключены не одни только материальные выгоды, но еще цель грядущих поколений землян.

Не знаю, может, в силу профессиональной одержимости я в чем-то переоцениваю события, тороплю время. Может быть. И тем не менее отважусь утверждать: человечество, в сущности, на пороге новоселья. Земля сегодня уже не дом, а, как предрекал великий К. Циолковский, всего только колыбель. Домом же становится вся вселенная.

Мне возразят: человечество никуда пока не собирается переселяться. Оно далеко не исчерпало свои земные природные ресурсы, да и, кроме всего прочего, на планетах солнечной системы нет подходящих условий для «постоянной прописки». А до звезд, где они, возможно, есть, долго еще не добраться.

Все это так. Но сколько бы других резонов ни выставляли скептики, я, сам побывавший в космосе и провожавший туда десятки своих товарищей, глубоко убежден, что освоение вселенной — не околоземного пространства и даже не планет солнечной системы, а именно вселенной — уже началось...

## СОДЕРЖАНИЕ

**Береговой Г. Т.**

Б48 Космос — землянам. 2-е нзд. — М.: Мол. гвардия, 1983. — 191 с., ил. — (Эврика).

В пер.: 55 к. 100 000 экз.

Дважды Герой Советского Союза, летчнк-космонавт СССР, заслуженный летчик-нспытатель, руководитель Центра подготовкн космонавтов Г. Береговой рассказывает о том, зачем мы штурмуем космос, оправдаиы лн матернальные затраты н усилия на покоренне космоса, что человечество получит от этнх уснлнй.

**Б** $\frac{3607000000-179}{078(02)-83}$ **Без объявл.** **ББК39.6** **6Т6**

Литературная запись **Л. Нечаюка**

**ИБ № 4001**

**Георгнй Тнмофеевич Береговой**

КОСМОС — ЗЕМЛЯНАМ

Редактор **В. Федченко**
Художинк **В. Ковынев**
Художественный редактор **В. Неволнн**
Технический редактор **В. Пилкова**
Корректоры **А. Долндзе, Г. Васнлёва**

Подписаио в печать с матриц 08.07.83. А00147. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тнпографская № 1. Гарнитура «Литературная». Печать высокая. Услови. печ. л. 10,08. Учетно-изд. л. 10,6. Тнраж 100 000 экз. Цеиа 55 коп. Заказ 1043.

Типография ордена Трудового Красиого Знамеин издательства ЦК ВЛКСМ «Молодая гвардия». Адрес издательства н типографии: 103030, Москва, К-30, Сущевская, 21.

55 коп.



**ГЕОРГИЙ ТИМОФЕЕВИЧ БЕРЕГОВОЙ**

Дважды Герой Советского Союза, летчик-космонавт СССР, заслуженный летчик-испытатель СССР, генерал-лейтенант авиации Г. Береговой — человек удивительной судьбы. Он из поколения, которое вступало в самостоятельную жизнь тяжкой военной порой. 185 боевых вылетов на штурмовиках, высокое звание Героя Советского Союза за мужество и отвагу в боях — таковы главные вехи его фронтовой биографии. Затем 16 лет работы летчиком-испытателем, когда каждый полет — это поединок с неизвестностью. Во всеоружии богатейшего жизненного и профессионального опыта приходит Г. Береговой в отряд космонавтов. 26 октября 1968 года на корабле «Союз-3» совершил он четырехсуточный космический полет.

Г. Береговой — начальник Центра подготовки космонавтов имени Ю. А. Гагарина. Здесь, кроме учебно-тренировочной работы, ведутся обширные исследования в различных областях космонавтики, инженерной психологии и т. д. В них деятельно участвует и Г. Береговой. Он кандидат психологических наук, автор более двадцати научных трудов.

МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ

МОСКВА, 1983 г.